

TREBALL DE FI DE GRAU

Grau en Enginyeria de l'Energia

**AVALUACIÓ ENERGÈTICA D'UNA SALA DE CULTIUS A
PARTIR DE SIMULACIONS DINÀMIQUES**



Memòria i Annexos

Autor:	Adrià Corredor Llenas
Director:	Ricardo Torres Camara
Co-Directora:	Joana Aina Ortiz Ferrà
Departament:	Mecànica de Fluids
Convocatòria:	Gener 2018

Resum

En el present projecte es realitzarà un estudi energètic d'un laboratori biològic de cultius, utilitzant el software de simulació energètica d'edificis TRNSYS 17.

En primer lloc s'implementarà al programa un model basat en les característiques reals del laboratori, parametritzant tots els components que conté la instal·lació així com desglossant tots els factors que influeixen en el seu comportament.

Seguidament es procedirà a realitzar una sèrie de simulacions dinàmiques per tal de detallar el seu funcionament. Es compararan els resultats obtinguts amb la realitat, s'analitzarà els consums existents del sistema i es realitzarà un raonament tècnic del comportament de la simulació envers les condicions que l'afecten.

El projecte, a través de l'anàlisi d'un cas pràctic, permet obtenir una visió global del funcionament dels programes de simulació energètica d'edificis, així com els beneficis que aquests poden aportar a la societat.

Resumen

En el presente proyecto se realizará un estudio energético de un laboratorio biológico de cultivos, utilizando el software de simulación energética de edificios TRANSYS 17. En primer lugar se implementará en el programa un modelo basado en las características reales del laboratorio, parametrizando todos los componentes que contiene la instalación así como desglosando todos los factores que influyen en su comportamiento.

Seguidamente se procederá a realizar una serie de simulaciones dinámicas con tal de detallar su funcionamiento. Se compararan los resultados obtenidos con la realidad, se analizaran los consumos existentes del sistema y se realizará un razonamiento técnico del comportamiento de la simulación en función de las condiciones que le afectan.

El proyecto, a partir de un caso práctico, nos permite obtener una visión global del funcionamiento de los programas de simulación energética de edificios, así como los beneficios que estos pueden aportar a la sociedad.

Abstract

In this project, an energy study of a biological crop laboratory will be carried out, using the energy simulation software of TRNSYS17 buildings.

First, a model based on the real characteristics of the laboratory will be implemented in the program, by parameterizing all components that contain the installation as well as breaking down all the factors that influence its behavior.

Next, a series of dynamic simulations will be carried out to detail how they work. The results obtained will be compared with reality, the existing consumption of the system will be analyzed and technical reasoning of the behavior of the simulation will be carried out regarding the conditions that affect it.

The project allows a general overview, through an analysis of a practical case, of how the energy simulation programs of buildings work, as well as the benefits that these can bring to society.

Agraïments

Donar les gràcies en primer lloc al tutor de la universitat Ricardo Torres, per el seu seguiment i consells proporcionats. Agrair profundament la col·laboració de la co-directora del projecte Joana Ortiz per haver dedicat part del seu temps en la orientació d'aquest projecte. Aquest treball no hagués estat possible sense la seva dedicació en compartir els coneixements necessaris per el projecte.

Agrair també l'empresa Veolia Serveis Catalunya per brindar-me l'oportunitat de realitzar aquest treball en empresa. M'agradaria també mencionar al Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona, així com la direcció del Centre de Regulació Genòmica per oferir-me la possibilitat de compartir la informació necessària per l'elaboració d'aquest projecte.

Finalment, agrair a tota la família i a la Mar, que m'han estat recolzant durant la realització del projecte.

Glossari

1. **Arxiu .idf**: Format d'arxiu que utilitza el programari TRNSYS.
2. **Asèpsia**: Absència de microorganismes patògens.
3. **Assembly Panel**: “Panell de muntatge” traduït directament és la zona on es situen tots els components del projecte i on conté tots els elements que contemplarà la simulació.
4. **By-pass**: En el camp de la indústria, un *by-pass* consisteix en una canonada o conducte utilitzat per desviar ocasionalment un líquid o un gas i regular així el seu cabal.
5. **Cicle de vida econòmic**: Es defineix com un període determinat que compleix una sèrie de fenòmens econòmics en un ordre determinat. En una màquina, s'entén com a cicle econòmic aquell període que comença quan obtens determinats beneficis per rendiment fins que tens pèrdues per desgast del material.
6. **Setpoint**: Un *setpoint* o punt de consigna és un punt en que alguna variable d'un sistema de control s'estableix entre certs paràmetres desitjats. En climatització és el valor de temperatura el qual es desitja que es mantingui al llarg del temps.
7. **Zona morta**: És una zona de valors en una funció de transferència en un sistema de control on la sortida és zero. S'utilitzen per prevenir l'oscil·lació o els cicles repetits d'activació - desactivació.

Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRAÏMENTS	IV
GLOSSARI	V
ÍNDEX DE FIGURES	VIII
1. INTRODUCCIÓ	11
1.1. Motivació	11
1.2. Objectius del treball.....	11
1.3. Abast del treball.....	12
2. PARC DE RECERCA BIOMÈDICA DE BARCELONA	13
2.1. Les instal·lacions del Parc	13
2.2. Sistema de control 963 (<i>Scada</i>).....	14
2.2.1. Característiques d'un sistema SCADA.....	14
2.3. Sala de cultius cel·lulars	16
2.3.1. Característiques sala de cultius.....	16
3. TRNSYS 17	18
3.1. Funcionament TRNSYS 17	18
3.2. El benefici dels programes de simulació	22
3.3. Comparació de TRNSYS 17 amb altres programes de simulació	23
4. IMPLEMENTACIÓ D'UNA SALA DE CULTIUS DEL PRBB UTILITZANT TRNSYS 1725	
4.1. TRNSYS 3D.....	25
4.1.1. SketchUp	25
4.1.2. Determinació de la zona d'estudi	26
4.1.3. Disseny del 3D	29
4.1.4. Definir parets amb les seves zones en contacte	33
4.2. TRNBuild.....	34
4.2.1. Murs	36
4.2.2. Finestres	39
4.2.3. Ventilació.....	41

4.2.4.	Calefacció i refrigeració	43
4.2.5.	Guanys	44
4.2.6.	Altres.....	51
4.3.	TRNSYS Simulation Studio.....	51
4.3.1.	Dades meteorològiques	54
4.3.2.	Type 56: Altell PRBB	56
4.3.3.	Type 11: Mesclador de cabals	58
4.3.4.	Type 33: Diagrames psicòmètrics	62
4.3.5.	Type 2: Controladors diferencials	62
4.3.6.	Type 753: Bateria de calor i Type 508: Bateria de fred.....	71
4.3.7.	Equation: Valors d'impulsió d'aire	75
4.4.	Resultats de les simulacions	77
4.4.1.	Simulació anual.....	79
4.4.2.	Comportament del sistema: Hivern.....	85
4.4.3.	Comportament del sistema: Estiu.....	92
4.4.4.	Comparació del model TRNSYS amb dades reals	98
CONCLUSIONS		105
BIBLIOGRAFIA		107
ANNEX A PLÀNOLS		109
A1.	Plànol I-01. Implantació altell 5ª planta	109
A2.	Plànol I-02. Implantació zona d'estudi	111
A3.	Plànol E-01. Esquema UTA Sala de Cultius S2	113
A4.	Plànol C-01. Distribució conductes impulsio i difusio	115
ANNEX B DOCUMENTACIÓ		117
B1.	Característiques models de superfícies.....	117
B2.	Punts de la simulació	125

Índex de figures

Figura 2.1. Sala de cultius cel·lulars o sala blanca (Font: A Regenera).....	16
Figura 3.1. Esquema de funcionament de TRNSYS per una simulació dinàmica d'edificis. (Font: Pròpia)	19
Figura 3.2. Exemple d'un projecte amb TRNSYS Simulation Studio. (Font: TRNSYS).....	20
Figura 3.3. TRNBuild (Font: TRNSYS).....	21
Figura 3.4. Exemple de simulació online mitjançant TRNExe. (Font: TRNSYS).....	22
Figura 3.5. Diagrama de funcionament EnergyPlus (Font: EnergyPlus).....	23
Figura 4.1. Eines addicionals provinents de l'extensió de TRNSYS 3D. (Font: Pròpia)	26
Figura 4.2. Distribució de l'altell de la 5ª planta del PRBB. (Font: Pròpia)	26
Figura 4.3. Sala de microscopia (esquerra) i sala de neteja o SAS (dreta). (Font: Pròpia)	27
Figura 4.4. Sala de cultius cel·lulars de l'altell del PRBB. (Font: Pròpia)	28
Figura 4.5. Zones d'estudi contemplades al projecte i superfície. (Font: Pròpia)	28
Figura 4.6. Ubicació zona altell de la planta 5ª costat hospital. (Font: Pròpia)	30
Figura 4.7. Diferència entre treballar sense l'extensió TRNSYS 3D (Esquerra) i amb l'extensió (dreta). (Font: Pròpia)	31
Figura 4.8. Estat final de la zones tèrmiques a estudiar. (Font: Pròpia).....	32
Figura 4.9. Visió general del PRBB i la zona estudiada. (Font: Pròpia).....	32
Figura 4.10. Finestra on s'especifica les característiques de la superfície seleccionada. (Font: Pròpia)	33
Figura 4.11. Classificació de les superfícies segons la zona amb contacte. (Font: Pròpia).....	34
Figura 4.12. Orientacions de l'edifici estudiat i hemisferi on s'hi situa. (Font: Pròpia)	35
Figura 4.13. Finestra de la zona de microscòpia. (Font: Pròpia).....	35
Figura 4.14. Superfícies que conté la zona microscòpia. (Font: Pròpia)	36
Figura 4.15. Finestra "Wall Type Manager" on es detallen materials i gruixos.	37
Figura 4.16. Mateixa paret des de dos zones diferents.	38
Figura 4.17. Determinació de les condicions de càlcul del coeficient de transferència de calor.	39
Figura 4.18. Informació de la finestra del passadís 2. (Font: Pròpia)	39
Figura 4.19. Finestra "Window Type Manager" (Font: Pròpia).....	41
Figura 4.20. Definició de les propietats de ventilació de la sala de cultius. (Font: Pròpia).....	42
Figura 4.21. "Cooling Type Manager" i "Heating Type Manager" de la sala microscòpia.	44
Figura 4.22. Eina "Schudule Type Maneger" per definir horaris tipus. (Font: Pròpia)	45
Figura 4.23. Grau d'activitat per la sala de cultius i microscòpia. (Font: Pròpia).....	46
Figura 4.24. Eina "Schudule Type Maneger" per definir horaris tipus. (Font: Pròpia)	47
Figura 4.25. Determinació dels guanys interns segons la il·luminació de cada zona. (Font: Pròpia).....	48
Figura 4.26. Finestra "Other Gains" de la sala de cultius. (Font: Pròpia)	49
Figura 4.27. Cargues tèrmiques aportades per la il·luminació i maquinària elèctrica. (Font: Pròpia).....	51
Figura 4.28. Exemple d'un projecte fotovoltaic amb TRNSYS Simulation Studio. (Font: TRNSYS)	52
Figura 4.29. Esquema de principi HVAC sala cultius i SAS. (Font: Pròpia)	53
Figura 4.30. Components inicials per un projecte "3D Building Multizone". (Font: Pròpia)	53
Figura 4.31. Components inicials del projecte de l'altell del PRBB. (Font: Pròpia)	54

Figura 4.32. Finestra de l'equació ANGLES_AZIMUT. (Font: Pròpia)	55
Figura 4.33. Components inclosos dintre el BLOC_METEO. (Font: Pròpia)	56
Figura 4.34. Relació entre els components T_REN i ALTELL_PRBB. (Font: Pròpia)	57
Figura 4.35. Esquema de funcionament i fórmules del component Type11. (Font: TRNSYS)	59
Figura 4.36. Esquema simplificat amb les entrades i les sortides del component T_INTERIOR. (Font: Pròpia)	60
Figura 4.37. Esquema simplificat amb les entrades i les sortides del component T_MESCLA. (Font: Pròpia)	61
Figura 4.38. Inputs termòstat diferencial en mode refrigeració. (Font: Pròpia)	63
Figura 4.39. Diagrama de funcionament del termòstat diferencial en mode refrigeració. (Font: Pròpia)	64
Figura 4.40. Inputs termòstat diferencial en mode calefacció. (Font: Pròpia)	64
Figura 4.41. Diagrama de funcionament del termòstat diferencial en mode calefacció. (Font: Pròpia)	65
Figura 4.42. Entrades (inputs) del component VAL_FRED. (Font: Pròpia)	68
Figura 4.43. Entrades (inputs) del component VAL_CALOR. (Font: Pròpia)	69
Figura 4.44. Finestra del component d'equacions CABAL_BATERIES. (Font: Pròpia)	70
Figura 4.45. Diagrama final dels components de Simulation Studio. (Font: Pròpia)	77
Figura 4.46. Diagrama final dels components de Simulation Studio amb els components d'impressió de resultats. (Font: Pròpia)	78
Figura 4.47. Resultats de la simulació utilitzant TRNExe. (Font: Pròpia)	80
Índex de figures	

Índex de gràfiques

Gràfica 4.1. Resultat de la simulació anual dels valors de temperatura més significatius. (Font: Pròpia)	81
Gràfica 4.2. Consum tèrmic mensual de la bateria de fred. (Font: Pròpia)	82
Gràfica 4.3. Consum tèrmic mensual de la bateria de calor. (Font: Pròpia)	83
Gràfica 4.4. Consum elèctric dels equipaments i la il·luminació. (Font: Pròpia)	84
Gràfica 4.5. Consums mensuals d'energia del sistema. (Font: Pròpia)	84
Gràfica 4.6. Consums anuals d'energia del sistema. (Font: Pròpia)	85
Gràfica 4.7. Resultats de la simulació realitzada a l'hivern de les temperatures d'impulsió, de retorn i ambient. (Font: Pròpia)	86
Gràfica 4.9. Resultats de la simulació realitzada en una setmana d'hivern. (Font: Pròpia)	87
Gràfica 4.10. Valors de la temperatura de retorn en una setmana d'hivern. (Font: Pròpia)	88
Gràfica 4.11. Resultats de la simulació de la temperatura de retorn en funció dels guanys interns. (Font: Pròpia)	89
Gràfica 4.12. Resultats de la simulació realitzada en una dia d'hivern. (Font: Pròpia)	90
Gràfica 4.13. Comparativa de la humitat relativa de la zona estudiada en funció de la temperatura ambient. (Font: Pròpia)	92
Gràfica 4.14. Resultats de la simulació realitzada a l'estiu de les temperatures d'impulsió, de retorn i ambient. (Font: Pròpia)	93
Gràfica 4.15. Resultats de la simulació realitzada en una setmana d'estiu. (Font: Pròpia)	94
Gràfica 4.16. Valors de la temperatura de retorn en una setmana d'estiu. (Font: Pròpia)	95
Gràfica 4.17. Resultats de la simulació realitzada en una dia d'estiu. (Font: Pròpia)	96

Gràfica 4.18. Comparació de la temperatura real de retorn amb la temperatura simulada. (Font: Pròpia)	99
Gràfica 4.19. Comportament de la temperatura de retorn en front els guanys interns. (Font: Pròpia)	100
Gràfica 4.20. Comportament de les temperatures de retorn real i simulada amb les obertures de la vàlvula de fred. (Font: Pròpia)	101
Gràfica 4.21. Comportament de les temperatures de retorn real i simulada amb refrigeració i calefacció. (Font: Pròpia)	102

Índex de taules

Taula 4.1. Exemple d'espessors dels materials que contenen les superfícies denominades "model A". (Font: Pròpia)	29
Taula 4.2. Nomenclatura i superfície de les zones contemplades al projecte. (Font: Pròpia)	32
Taula 4.3. Espessors dels materials que contenen les superfícies denominades "model A". (Font: Pròpia)	36
Taula 4.4. Característiques de la finestra escollida. (Font: Pròpia)	40
Taula 4.5. Ocupació nominal de cada zona e interval horari d'ús. (Font: Pròpia)	45
Taula 4.6. Potència d'il·luminació de la zona altell de la planta 5ª. (Font: Pròpia)	47
Taula 4.7. Guanys interns de cada zona provocats per la il·luminació. (Font: Pròpia)	48
Taula 4.8. Aportacions de calor per equips. (Font: Pròpia)	50
Taula 4.9. Entrades i sortides del BLOC_METEO. (Font: Pròpia)	56
Taula 4.10. Entrades i sortides del component ALTELL_PRBB. (Font: Pròpia)	57
Taula 4.11. Valors dels inputs cabals d'impulsió. (Font: Pròpia)	58
Taula 4.12. Entrades i sortides del component T_INTERIOR. (Font: Pròpia)	59
Taula 4.13. Valors dels cabals d'extracció d'aire. (Font: Pròpia)	59
Taula 4.14. Entrades i sortides del component T_MESCLA. (Font: Pròpia)	61
Taula 4.15. Valors dels cabals d'aportació al climatitzador. (Font: Pròpia)	62
Taula 4.16. Entrades i sortides del component PROP_AIRE. (Font: Pròpia)	62
Taula 4.17. Paràmetres inicials VAL_FRED. (Font: Pròpia)	67
Taula 4.18. Entrades i sortides del component VAL_FRED. (Font: Pròpia)	67
Taula 4.19. Valors del les entrades manuals de la VAL_FRED. (Font: Pròpia)	67
Taula 4.20. Paràmetres inicials VAL_CALOR. (Font: Pròpia)	68
Taula 4.21. Entrades i sortides del component VAL_CALOR. (Font: Pròpia)	68
Taula 4.22. Valors del les entrades manuals de la VAL_CALOR. (Font: Pròpia)	69
Taula 4.23. Cabals d'aigua nominals circulants per les bateries. (Font: Pròpia)	70
Taula 4.24. Entrades i sortides del component CABAL_BATERIES. (Font: Pròpia)	71
Taula 4.25. Entrades i sortides del component BAT_FRED. (Font: Pròpia)	72
Taula 4.26. Valors del les entrades manuals de la BAT_FRED. (Font: Pròpia)	73
Taula 4.27. Entrades i sortides del component BAT_CALOR. (Font: Pròpia)	74
Taula 4.28. Valors del les entrades manuals de la BAT_CALOR. (Font: Pròpia)	75
Taula 4.29. Entrades i sortides de l'equation IMPULSIO. (Font: Pròpia)	76

1. Introducció

Actualment vivim en un món on la societat cada vegada agafa més consciència de l'estalvi energètic, sobretot al sector industrial. Són moltes les empreses que cada cop més, utilitzen programes de simulació d'edificis per tal d'optimitzar les seves instal·lacions. En aquest projecte es pretén portar a terme un conjunt de simulacions dinàmiques per estudiar el comportament d'un laboratori biològic. Es realitza un estudi del funcionament real i s'implementa al programa de simulació TRNSYS 17 un model equivalent, per tal d'analitzar quin és el seu comportament envers les condicions que l'afecten.

1.1. Motivació

La possibilitat de poder estar treballant en un espai com és el Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona, va donar fruit a unes inquietuds professionals per aprendre de l'entorn que m'envolta. Aprendre quin és el funcionament d'una sala blanca i com es regulen les seves condicions òptimes de treball, em va fer decantar per un anàlisi energètic del seu comportament.

Treballant habitualment amb un software de gestió, supervisió i control (SCADA) em va fer veure l'important avanç tecnològic que estem vivint en el camp de la regulació i control i alhora, en com aquests factors van estrictament lligats a programaris d'eficiència energètica i simulació d'edificis.

Aquesta motivació personal em va portar a un repte acadèmic per poder comprovar quina és la tendència que es té respecte la utilització d'aquests programaris i sobretot, intentar fer veure la importància que tindran en un futur no molt llunyà.

1.2. Objectius del treball

La necessitat d'aprofundir sobre els programaris de simulació energètica d'edificis va enfocar la direcció del treball: implementar un model d'una sala de cultius del Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona, a un programa de simulació com és TRNSYS 17. Aquesta, ha estat conduïda per una sèrie d'objectius que es van fixar a començament del treball i que es comentaran a continuació.

En primer lloc, es busca aprofundir sobre el funcionament dels laboratoris biològics per entendre i conèixer els requeriments de les sales blanques. Això comporta realitzar un estudi del comportament del sistema per tal de determinar les condicions de treball d'aquest, realitzant un anàlisi complet dels resultats aportats per TRNSYS.

Aquest últim punt promou l'objectiu d'aprendre i conèixer com funcionen les eines de simulació dinàmica, per tal de poder analitzar les conseqüències que comporta la parametrització variable de les característiques del sistema.

Finalment, es busca el propòsit de realitzar una comparació del comportament del model implementat amb les dades reals monitoritzades.

1.3. Abast del treball

El projecte pretén realitzar una modelització d'una sala de cultius a forma d'exemple per entendre el funcionament de TRNYS 17, així com els programes semblants de simulació. Un cop s'explica com es realitza tota aquesta modelització del sistema, es realitza un exhaustiu anàlisi de resultats de les simulacions, realitzant comparatives i fent una detallada interpretació de resultats.

S'ha volgut però destacar el procés d'implementació d'un model al programa i com es pot treballar el sistema per obtenir diferents simulacions. Amb l'anàlisi de l'actual s'ha volgut aprofundir amb el comportament actual i les deficiències o particularitats que aquest conté. Així doncs, es proposa en forma de conclusions una continuació del treball en forma de millores a realitzar al sistema, donant pas a noves simulacions i per tant, a noves avaluacions energètiques.

2. Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona

El Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona (PRBB) és una de les infraestructures científiques més grans del Sud d'Europa destinades a la biomedicina. Es tracta d'una iniciativa de la Generalitat de Catalunya, l'Ajuntament de Barcelona i la Universitat Pompeu Fabra (UPF), que va entrar en funcionament l'any 2006.

El centre, en estreta col·laboració amb l'Hospital del Mar de Barcelona, alberga prop de 1.500 investigadors de 50 països diferents, ocupa una superfície hàbil de 55.000 m², té una despesa en R+D acumulada d'uns 90 milions d'euros i disposa de les instal·lacions més punteres d'Europa en el camp de la investigació.

El parc reuneix 7 entitats independents de recerca, estrictament coordinats entre sí, que formen una coalició interinstitucional. Els centres es dediquen a la investigació en l'àmbit de la salut humana i la biomedicina i utilitzen els serveis comuns de l'edifici. En destaca l'estabulari (animalari), que és considerat un dels més moderns d'Europa, i diversos serveis dels centres, com la microscòpia avançada, la proteòmica o la citometria de flux.

2.1. Les instal·lacions del Parc

Com a centre científic pioner en Europa, el PRBB disposa de unes instal·lacions de primer nivell, per poder donar als centres, totes aquelles necessitats que es sol·licitin. Així doncs, l'exigència que comporta gestionar i coordinar una infraestructura com aquesta comporta que el manteniment, control i gestió de les instal·lacions, vagi a càrrec d'una empresa especialitzada en aquests serveis.

Veolia Serveis Catalunya és la empresa encarregada del correcte funcionament de les instal·lacions i amb una plantilla de 13 treballadors, es fa càrrec del manteniment preventiu i correctiu del Parc. El contracte vigent entre Veolia i el PRBB es basa amb un pla de millora de les instal·lacions i la recerca de l'eficiència energètica de l'edifici. D'aquesta forma el Parc ha estat sempre vinculat a la millora de l'eficiència energètica i a la reducció d'emissions de CO₂.

Les instal·lacions que disposa el parc són les següents:

- Producció de fred per a climatització, utilitzant 4 refredadores Trane.
- Producció de calor per a climatització, utilitzant 3 calderes de gas natural.
- Distribució de fred i calor per a climatització, utilitzant un total de 6 bombes.
- Climatització d'espais, mitjançant l'ús de fan-coils i climatitzadors (UTA's).
- Producció d'aire comprimit, mitjançant 4 compressors.



- Producció i distribució de vapor, mitjançant 2 calderes de vapor.
- Aigua Freda de Consum Humà.
- Producció d'Aigua Calenta Sanitària, mitjançant termos elèctrics domèstics o de gas natural.
- Producció d'aigua descalcificada, mitjançant 2 descalcificadors.
- Producció d'aigua pura, mitjançant 9 equips de producció marca Millipore.
- Sistema contraincendis, utilitzant 5 centrals de detecció d'incendis, 3 vies d'extinció (extintors manuals d'ABC i CO₂, BIE's i ruixadors) i un grup de bombeig i dipòsits propi.
- Electricitat, que prové de dues línies independents a 25.000 V, que donen servei a 4 transformadors.
- 5 grups electrògens
- 4 Sistemes d'Alimentació Ininterrompuda (SAI's).
- Gasos tècnics: Gas Natural, Oxigen medicinal, CO₂, Heli, Argó, Nitrogen, Hidrogen, Aire Sintètic, Nitrogen Líquid i Nitrogen Gas.
- Sistema de control d'accessos.
- Sistema de control de la il·luminació.

2.2. Sistema de control 963 (*Scada*)

L'automatització industrial és un dels aspectes més importants de la digitalització dels processos productius, principalment en grans indústries. Gràcies als cada cop més avançats sistemes d'automatització, les companyies poden governar i dirigir tota la seva activitat i gestionar l'evolució de tots els processos sense la intervenció continua d'algun treballador.

Al PRBB, el control de les instal·lacions de l'edifici es realitza des d'un únic ordinador mitjançant un supervisor, un software desenvolupat per Trend denominat 963. El seu funcionament es basa amb el concepte *SCADA* (*Supervisory Control And Data Acquisition*), que utilitza dades operatives d'un "sistema" amb l'objectiu de controlar-lo i optimitzar-lo.

El 963 és una potent interfície d'usuari a temps real per el sistema de control d'edificis. Permet a l'usuari monitoritzar l'edifici i permet canviar la forma en la que l'edifici està sent controlat des de la seva part gràfica.

2.2.1. Característiques d'un sistema SCADA

Són molts els beneficis que aporta disposar d'un *software* de control com l'*SCADA* en el sector industrial. A continuació s'enumeren algunes d'aquestes particularitats que fan que cada cop més, s'integrin programes d'aquest estil en camps com l'industrial, hospitalari o de l'edificació (1).

- Pot arribar a adquirir, processar i inclús emmagatzemar un conjunt enorme de dades per utilitzar la informació rebuda de forma contínua dins del procés productiu de l'empresa.
- Poden representar gràficament tot el procés productiu per controlar de primera mà les diferents variables i monitoritzar-les mitjançant alarmes.
- Gràcies a les seves característiques, l'Scada ofereix la possibilitat d'executar accions de control de forma remota, amb les que es pot modificar l'evolució de tot el procés industrial.
- Permet l'ampliació, adaptació i modificació de tot el sistema que té integrat, ja que compta amb una arquitectura oberta i flexible, que permet adaptar-se i funcionar segons les necessitats de cada instal·lació.
- Una de les característiques més importants és que la supervisió es pot realitzar de forma remota, ja que mitjançant un sistema de pantalles, els encarregats del manteniment i control de les instal·lacions, poden actuar i monitoritzar-les a distància sense problema.
- Permet l'explotació de les dades recollides en el dia a dia per millorar la gestió de la instal·lació, el control estadístic i la gestió de la producció.

És precisament aquest darrer punt un dels factors més importants pels quals els programaris Scada són tan utilitzats. Aquest control estadístic que aporta el programa, ofereix a l'usuari la possibilitat d'estudiar i avaluar quines són les mancances energètiques que pateix la instal·lació i el que és més important, actuar sobre elles per tenir una millor gestió energètica.

Així doncs, gràcies a tots els elements de camp que inclou la instal·lació d'un programari com l'Scada (sondes, actuadors, vàlvules, servo-motors, controladors, variadors, etc), existeix la possibilitat d'ajustar valors de referència o consignes que facin treballar la instal·lació per aconseguir el llinar establert.

D'aquesta manera, per exemple, es pot ajustar temperatures de consigna dels equips de producció de fred i de calor, pressions desitjades en els grups de bombeig, control horari de la climatització i/o la il·luminació i fins i tot, activar un sistema d'alarmes que t'indiqui quan aquests valors no estan dins del marge establert.

Així doncs, gràcies a programaris com l'Scada, és possible aconseguir un control de l'eficiència energètica molt precís. Mitjançant tota aquesta automatització es pot millorar l'eficiència dels equips, ja que aquests s'ajusten adequadament a les seves càrregues de treball ideals segons es requereixi, reduint així el seu consum elèctric o de gas i conseqüentment, el cost econòmic del manteniment de la instal·lació.

2.3. Sala de cultius cel·lulars

El cultiu cel·lular és el procés o conjunt de tècniques que permeten el creixement de fragments tissulars de diferents espècies en un ambient artificial “in vitro” per tal d’examinar i manipular el comportament cel·lular, mantenint al màxim les seves propietats (fisiològiques, metabòliques, bioquímiques, genètiques...). Als laboratoris de cultius cel·lulars es treballa amb el cultiu de cèl·lules que poden venir de línies cel·lulars immortalitzades o amb cultius primaris (obtinguts de teixits provinents de ratolins o peixos criats a l’estabulari del centre amb aquesta finalitat).



Figura 2.1. Sala de cultius cel·lulars o sala blanca (Font: A Regenera)

La problemàtica principal, que defineix el laboratori de cultius cel·lulars, és el manteniment de l’asèpsia¹ perquè la taxa de creixement de les cèl·lules animals és molt inferior al dels contaminants habituals (fongs, llevats i bacteris). Per tant, pel bé del correcte funcionament dels cultius cel·lulars és vital evitar l’aparició de qualsevol microorganisme no desitjat.

2.3.1. Característiques sala de cultius

L’experimentació cel·lular requereix d’una sèrie de condicions que exigeixen una sèrie d’instal·lacions específiques. En general, és necessari mantenir unes condicions ambientals molt concretes de forma molt estricta, que exigeix per tant una conservació especialment pulcra de tota la instal·lació i els seus sub-sistemes.

Per tal d’establir quins criteris són elementals a l’hora de construir i equipar una sala de cultius o “sala neta”, es va acordar la *Norma ISO 14644* que detalla, entre altres coses, el disseny, la construcció i la posada en marxa d’instal·lacions de sales netes. (2)

¹ Absència de microorganismes patògens.

En primer lloc una sala de cultius ha d'estar regulada per una climatització molt específica. La majoria d'aquestes sales estan classificades de risc biològic degut a les investigacions que s'hi realitzen i els tipus d'agents que s'hi manipulen.

És per això doncs, que segons la norma ISO 14644-1 s'han de classificar les sales netes segons el nombre i mida de partícules permeses per volum d'aire. La classificació va des de l'1 (menys partícules permeses) al 8 (menys restrictiva).

3. TRNSYS 17

La primera versió pública de TRNSYS va ser desenvolupada l'any 1975 i ha anat consolidant-se gràcies a diferents centres d'investigació d'Estats Units, Alemanya, França i recentment, Espanya. Actualment, TRNSYS és una potent eina de càlcul que permet la resolució transitòria de qualsevol tipus de sistema i, tot i que bàsicament es centra en l'avaluació del comportament tèrmic i elèctric de sistemes, mitjançant TRNSYS es pot simular molts altres processos transitoris.

Es podria separar TRNSYS en dos grans blocs; un motor informàtic que llegeix i processa l'arxiu d'entrada definit al programa i, de manera iterativa, resol el sistema, determina la convergència i visualitza les variables del sistema. D'aquesta forma, TRNSYS té la capacitat de determinar propietats termofísiques, invertir matrius, realitzar regressions lineals i fins i tot la interpolació d'arxius externs.

Per altre banda, TRNSYS compta amb una ampla biblioteca de components, que modelen el sistema introduït al programa. La biblioteca estàndard inclou prop de 150 models que van des de bombes hidràuliques, turbines de vent, calderes, processadors de dades meteorològiques, rutines d'economia o equips de climatització.

Cal afegir que TRNSYS ofereix als usuaris poder modificar tots els components existents o bé escriure i dissenyar el seu propi. D'aquesta forma, TRNSYS destaca per la seva flexibilitat a l'hora d'adaptar-se a una infinitat de sistemes, ajustant-se a les capacitats de l'entorn.

A Catalunya, el centre d'investigació que està vinculat i treballant amb el desenvolupament de TRNSYS és l'*IREC* (Institut de la Recerca en Energia de Catalunya). Degut a la seva àmplia base d'usuaris, la llarga història de TRNSYS i la seva flexibilitat inherent, s'ha pogut treballar per realitzar una eina molt robusta, fiable i extensa.

3.1. Funcionament TRNSYS 17

TRNSYS es caracteritza per la fàcil interpretació del seu funcionament gràcies a una interfície simple, còmode i eficient. Això és degut a la utilització de diversos "programes" dintre el mateix TRNSYS 17 que es centren específicament en una part del disseny del model estudiat.

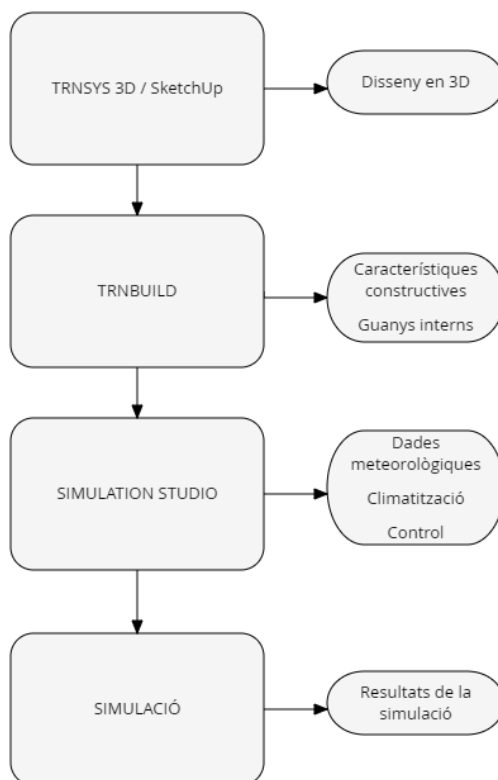


Figura 3.1. Esquema de funcionament de TRNSYS per una simulació dinàmica d'edificis. (Font: Pròpia)

Normalment el primer pas del procés ve definit per l'elaboració en 3D del model estudiat. Gràcies a una extensió en el programa Sketchup (denominada TRNSYS 3D), es pot elaborar un model a escala real de l'edifici o projecte a simular. D'aquesta manera, tant sols dibuixant i creant el model en 3D, TRNSYS agafa directament tota la informació relacionada amb les dimensions de la zona, volums o superfícies.

TRNSYS 17 també ofereix la possibilitat de, sense crear un model 3D, entrar tota aquella informació de la superfície estudiada, però habitualment per comoditat, s'acaba utilitzant la realització del 3D. L'extensió de Sketchup finalment, ofereix a l'usuari d'enllaçar i caracteritzar les superfícies en contacte entre elles i començar a definir conceptes necessaris per la posterior simulació.

Un cop s'obté el model en 3D s'obre l'arxiu al TRNSYS Simulation. Aquest "programa" és el nucli del software TRNSYS 17 ja que és on es creen els projectes pròpiament dit, gràcies a la parametrització i l'enllaç de tots els *inputs* que ha de contemplar la simulació.

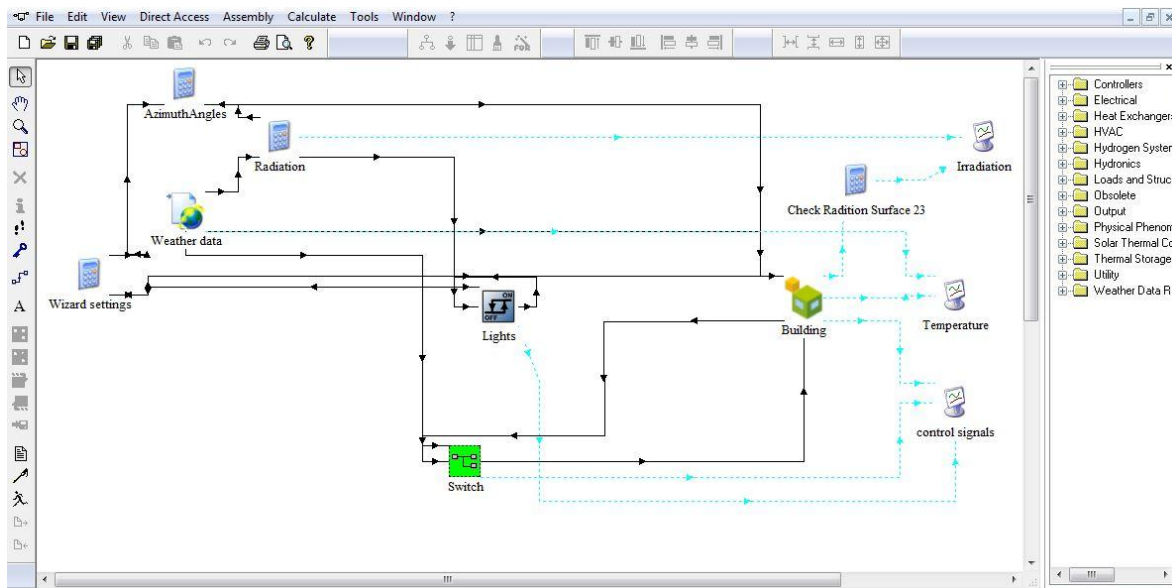


Figura 3.2. Exemple d'un projecte amb TRNSYS Simulation Studio. (Font: TRNSYS)

La part de Simulation Studio doncs, pretén ser l'eina que coordina tots els *inputs* que ha de contemplar la simulació i sobretot, com s'enllacen entre ells. Alhora, és l'eina amb que especifiques quin resultat t'ha d'aportar TRNSYS 17, ja que és on es detallen quins són els *outputs* de la simulació (els resultats obtinguts).

Paral·lelament al Simulation Studio, existeix una altre eina de modelització del projecte a desenvolupar, el TRNBuild. S'accedeix des de Simulation Studio, amb la icona de "Building", i és on s'especifiquen totes les característiques de l'edifici estudiat.

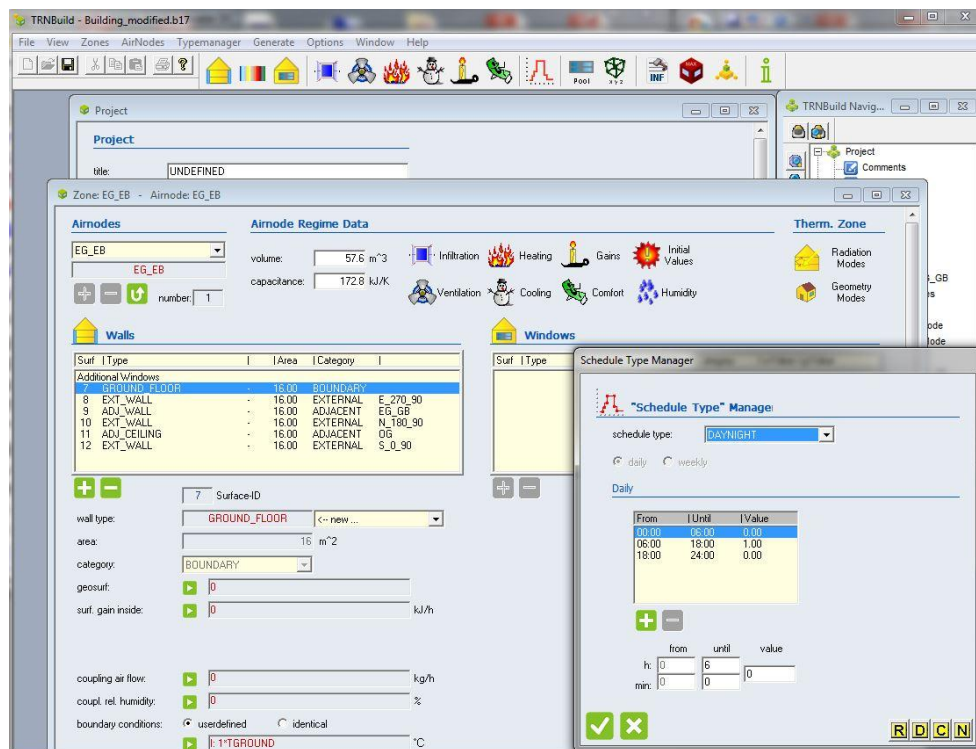


Figura 3.3. TRNBuild (Font: TRNSYS)

TRNSYS 17 utilitza el que s'anomena "*multizone buildings*". Bàsicament és un concepte que permet a TRNSYS treballar amb diferents zones d'estudi i com s'afecten entre elles. D'aquesta manera, es defineix cada zona en particular però a l'hora de realitzar les simulacions, es contempla el projecte, com una "multizona" conjunta.

TRNBuild permet especificar els detalls d'estructura de l'edifici, ja que totes les característiques són significatives a l'hora de realitzar una simulació, com ara les finestres i obertures, l'aportació d'aire, la climatització, les càrregues tèrmiques internes, etc.

Per últim, un cop s'ha connectat tots els components al Simulation Studio i s'ha establert els paràmetres de simulació globals, es pot realitzar totes les simulacions que l'usuari l'interessi. Aquests resultats són les que aportaran el sentit al procés de simulació mitjançant TRNSYS 17, ja que detallarà la informació desitjada per l'usuari a l'hora d'iniciar el projecte.

TRNSYS ofereix la possibilitat de valorar els resultats mitjançant una eina interna anomenada TRNSYS Simulation Engine, que bàsicament és la visualització dels resultats e interactuar amb ells a gust del consumidor. Segons les simulacions que s'inclouen en el Simulation Studio, el programa crea un arxiu executable que permet realitzar aquesta "impressió online" (anomenada TRNExe), que resulta ser una eina molt útil si el que vols és veure un elevat nombre de *outputs* i variables durant la simulació.

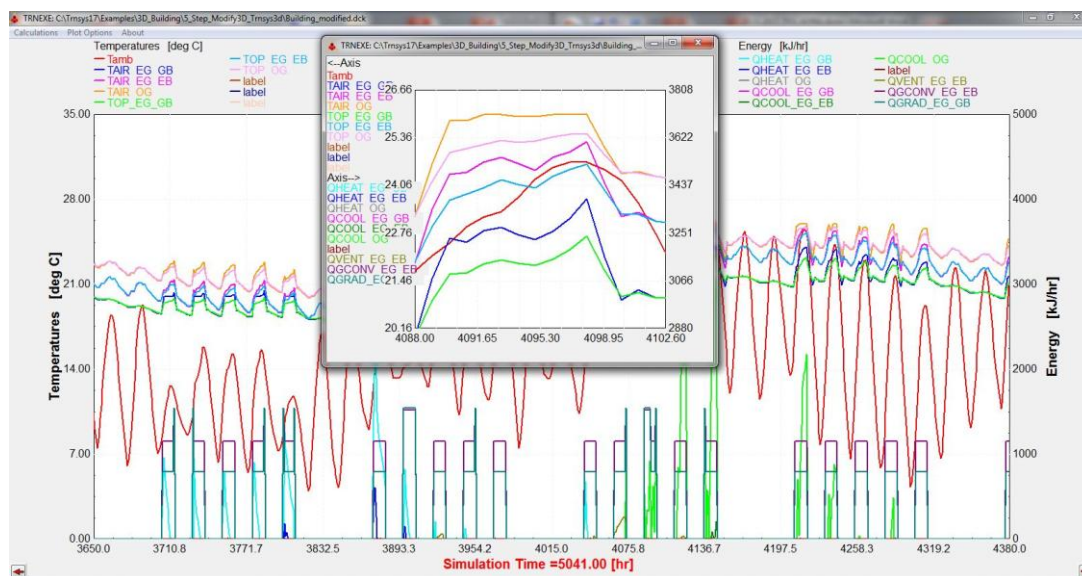


Figura 3.4. Exemple de simulació online mitjançant TRNEXe. (Font: TRNSYS)

3.2. El benefici dels programes de simulació

La informàtica ha obert el camí a noves formes de construir des de fa molt de temps, possibilitant estructures i formes que fins antany eren impossibles. En aquest sentit, l'avanç tecnològic ha propiciat la possibilitat de calcular prèviament a la construcció d'un edifici, la seva demanda i consum energètic, els seus guanys i pèrdues tèrmiques o bé les emissions de CO₂.

Els programes de simulació d'edificis són eines que han estat guanyant molta popularitat entre experts del sector de l'arquitectura, de l'enginyeria o de l'energia. El motiu és la seva fàcil implementació, la ràpida velocitat de resposta i l'accessibilitat econòmica. Aquestes eines estan en constant evolució, principalment per dos raons:

- La cerca de models més precisos que simulin variables d'entrada i sortida més propers a la realitat.
- La creixent implementació de nous sistemes en els edificis, com l'energia solar fotovoltaica, bombes de calor, control de climatització, entre altres.

Així doncs, per exemple, en un clima donat, un programa de simulació d'edificis construeix un model de simulació que calcula la temperatura interior canviant la capacitat tèrmica de l'estructura, la orientació de les finestres, la altura del sostre, el color de les parets, així com la regulació del número d'ocupants, l'horari d'ocupació, l'obertura de portes i finestres, les aportacions de calor internes, etc fins a arribar a calcular la temperatura interior de confort sense la necessitat d'utilitzar complexes i costosos models experimentals. (3)

Hi ha diferents programes i models de simulació d'edifici que calculen per exemple el flux de calor a través de les parets, els guanys interns totals a l'edifici per conducció i/o radiació, el comportament lumínic de l'edifici, el flux d'aire (natural o mecànic), entre altres funcions. Programes com TRNSYS tenen l'objectiu d'obtenir la major quantitat d'informació per dissenyar un immoble, sempre pensant en mantenir un confort interior adequat amb un ús mínim dels recursos, principalment energia i aigua.

3.3. Comparació de TRNSYS 17 amb altres programes de simulació

TRNSYS 17 en essència, no deixa de ser un software per simular el comportament de sistemes transitoris, però enfocat sobretot al disseny de sistemes energètics i a la simulació energètica d'edificis. Compartint aquesta funcionalitat, existeixen molts productes al món capaços de compararlos amb TRNSYS però cada un amb la seva particularitat. En aquest capítol es fa una breu comparació de mercat amb els principals softwares de simulació energètica d'edificis.

El programa potser més conegut en el camp de la simulació energètica d'edificis és l'EnergyPlus. Es tracta d'un programa extensament utilitzat per els professionals del sector i validat per la comunitat internacional de la recerca. Té prop de 60 anys d'experiència i el reconeixement d'haver estat desenvolupat per el Departament d'Energia dels Estats Units.

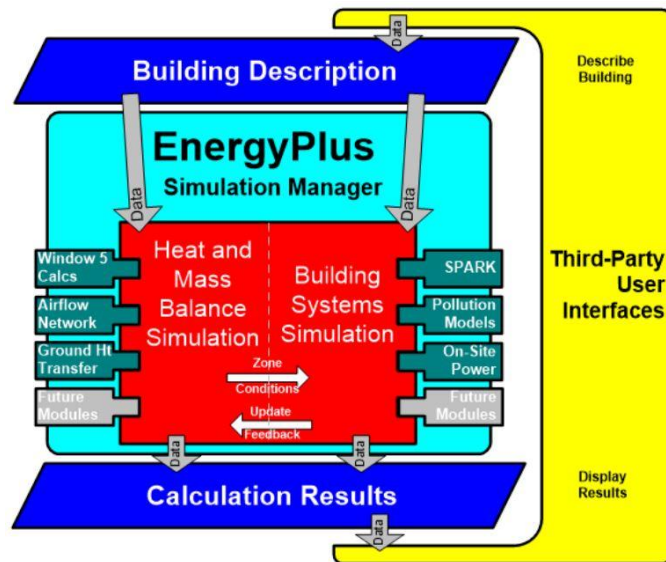


Figura 3.5. Diagrama de funcionament EnergyPlus (Font: EnergyPlus)

El funcionament d'EnergyPlus és pràcticament calcat al TRNSYS 17, amb eines molt semblants per modelar, parametritzar i simular un edifici. Primer de tot, es fa una descripció de l'edifici (també es pot utilitzar el 3D) on es detalla estructuralment les característiques d'aquest. Posteriorment, es

configura la simulació, incloent tota aquella informació de balanç de masses, condicions de zones, condicions climàtiques, etc, que permet finalment, elaborar una impressió de resultats amb unes simulacions amb forma de gràfiques. (4)

TRNSYS es considera un software més fort que EnergyPlus per modelar alguns tipus de sistemes mecànics complexos i sobretot, que té al seu favor una enorme biblioteca d'elements i instal·lacions predefinides per facilitar la parametrització del sistema. Ambdós són eines molt potents, amb motors informàtics avançats, flexibles i efectius. L'únic inconvenient que tenen és l'elevat nivell de complexitat a l'hora d'aprendre el funcionament.

El 2005 a Espanya va sortir el Codi Tècnic de la Edificació (CTE) amb l'objectiu de limitar la demanda dels edificis. Amb ell, es van proposar dos programes de simulació: el LIDER i el CALENER. Això va suposar un problema, ja que s'havien d'utilitzar dos programes en el desenvolupament d'un projecte; un per al càlcul de càrregues i el procés de disseny i l'altre per a l'avaluació de la limitació de la demanda i la certificació energètica de l'edifici. Posteriorment doncs, va néixer HULC (*Herramienta Unificada LIDER CALENER*) que englobava ambdós programes oficials.

De totes formes, l'ús que se li dona a HULC es centra en avaluar la demanda energètica i el consum energètic dels edificis, objectiu que no ha de perquè compartir TRNSYS. TRNSYS 17 pot arribar a constatar resultats molt semblants al software HULC però està preparat per un altre tipus d'utilització professional, com seria la simulació de càrregues tèrmiques i la modelització d'edificis.

Grans empreses del sector industrial de l'energia, utilitzen els seus amplis recursos i experiència per desenvolupar els seus propis programaris de simulació energètica. Exemples com les multi-nacionals TRANE o Carrier (especialitzats en producció de fred) han tret els seus propis softwares de simulació, com són TRACE 700 o Carrier HAP. Tots dos casos, es centren en el càlcul de la demanda energètica d'un edifici i la optimització del disseny del sistema de calefacció, ventilació i aire condicionat d'un edifici basat en la utilització d'energia i el cicle de vida econòmic².

² El cicle econòmic es defineix com un període determinat que compleix una sèrie de fenòmens econòmics en un ordre determinat. En una màquina, s'entén com a cicle econòmic aquell període que comença quan obtens determinats beneficis per rendiment fins que tens pèrdues per desgast del material.

4. Implementació d'una sala de cultius del PRBB utilitzant TRNSYS 17

En aquest apartat s'especificarà detalladament els passos seguits per a implementar al TRNSYS 17 una sala de cultius existent, ubicada al Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona. Es detallarà el procés desenvolupat, les eines utilitzades i tota la informació utilitzada al llarg de la implementació. (5)

La part més important per a començar a treballar amb TRNSYS 17 és la recollida d'informació. S'elabora una llista exhaustiva de paràmetres necessaris per una correcta simulació i es fa una recopilació de totes les característiques de la sala estudiada.

Un cop s'obté tota aquesta informació, es comença a treballar en el procés de dissenyar el sistema i aproximar-lo, el més possible, a la realitat.

4.1. TRNSYS 3D

La primera part de tot el procés del disseny de la sala de cultius al programa TRNSYS és la realització d'un model arquitectònic de la sala i/o sales a estudiar. Per a una correcta interpretació posterior del programa, es realitza un model en tres dimensions, perfectament acotat i a escala.

TRNSYS 17 utilitza un mètode de càlcul que permet definir unes àrees d'estudi o zones tèrmiques i zones d'ombra. En aquest sentit, la utilització del TRNSYS 3D s'entén gràcies a que és l'eina que permet definir quines ubicacions s'estudiaran i quines no però sobretot, caracteritzar les zones que poden tenir una influència en les zones d'estudi.

4.1.1. SketchUp

El programa TRNSYS 17 no porta integrat un software de modelització en 3D i per això, s'utilitza l'SketchUp com a eina principal a l'hora de modelar el 3D. L'SketchUp és un programa de disseny gràfic de modelatge de 3 dimensions que s'utilitza en camps com l'arquitectura, l'enginyeria civil, disseny industrial o inclús videojocs.

El programa utilitza un interfície molt senzilla, que permet realitzar dissenys en 3D fàcilment. Així doncs i per adaptar la futura implementació del disseny al programa TRNSYS 17, es va crear una extensió de l'SketchUp que permetés complementar el programa i afegir-hi eines addicionals.

El fet que es necessiti tenir aquest elevat grau de rigorositat en les sales de cultius, fan que el seu disseny, construcció i posterior vàlidament sigui el més estricte possible. Això comporta que les instal·lacions hagin d'estar molt controlades, per tal de que els experiments o fins i tot els investigadors, no tinguin problemes de salut.



Figura 4.3. Sala de microscopia (esquerra) i sala de neteja o SAS (dreta). (Font: Pròpia)

Aquest és el motiu principal per l'elecció d'una sala de cultius com a model a estudiar en aquest projecte. El Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona té al seu càrrec un grup de professionals que vetllen per la seguretat i el funcionament normal d'aquestes sales. Aquest control, tal i com s'ha explicat anteriorment, es realitza mitjançant un programari amb *software Scada*, que permet controlar, supervisar i monitoritzar, les instal·lacions d'aquesta zona.

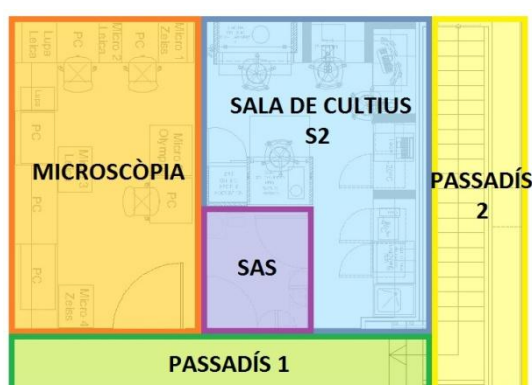
4.1.2.1. Zona escollida

TRANSYS permet fer simulacions a petita o a gran escala, segons les preferències de l'usuari. És per això que es pot implementar des de petites sales o habitacions, fins a cases, edificis o nuclis urbans. En el present projecte, es treballarà en una zona concreta del Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona, per tal de no estendre massa l'estudi i de centrar i focalitzar els resultats en unes conclusions concretes.



Figura 4.4. Sala de cultius cel·lulars de l'altell del PRBB. (Font: Pròpia)

La part central del projecte, és la sala de cultius cel·lulars i la seva “antesala” de vestuari (SAS). Per tal de ser més realista, s’ha de contemplar les zones annexes a aquestes i es té en compte microscòpia, amb els dos passadissos.



Sala	Superfície [m ²]
Sala de cultius S2	16,88
Sala de neteja (SAS)	3,85
Microscòpia	17,34
Passadís 1	6,68
Passadís 2	11,9

Figura 4.5. Zones d’estudi contemplades al projecte i superfície. (Font: Pròpia)

Cal destacar el paper fonamental que té el passadís 2 envers la sala de cultius, ja que és la única zona que manté contacte amb l’exterior i conté (gràcies a la finestra que conté la paret) la major part de transferència de calor de la zona provinent de la radiació solar exterior. Alhora, s’estudia també el fals-sostre de tota la zona indicada a la figura Figura 4.5, ja que també manté contacte amb l’exterior (amb la teulada de l’edifici).

En els annexos es troben els plànols de la zona, amb les seves dimensions, així com algun esquema de principi del funcionament de la climatització i la distribució de la zona.

4.1.2.2. Materials

Per el correcte càlcul de les transferències tèrmiques entre superfícies en contacte, com ara murs, parets o finestres, és imprescindible recopilar informació dels detalls constructius de la zona de l'altell per tal de determinar quin són els materials de fabricació d'aquestes superfícies.

Així doncs, es busca la composició i els espessors de cada una de les superfícies (parets, terra i sostre) que contenen cada zona estudiada: la sala de cultius, el SAS, microscòpia, el passadís 1 i el passadís 2. Tot seguit es procedeix a crear una taula resum on s'anota tota aquesta informació que posteriorment en el TRNBuild, s'utilitzarà per definir les condicions inicials de cada mur.

MODEL A	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]
Material interior	Revestiment de PVC homogeni	2,5	0,0025
Material 2	Pladur (guix laminat)	12,5	0,0125
Material 3	Llana de roca	48	0,048
Material 4	Pladur (guix laminat)	12,5	0,0125
Total		75,5	0,0755

Taula 4.1. Exemple d'espessors dels materials que contenen les superfícies denominades "model A". (Font: Pròpia)

En els annexos s'ubica la taula sencera amb el detall de totes les superfícies i els espessors de cada material.

4.1.3. Disseny del 3D

Per tal de detallar i calcular la influència de la radiació exterior i les ombres que incideixen a la zona, és necessari d'elaborar un model en 3D. Com s'ha dit anteriorment, gràcies a SketchUp i la extensió de TRNSYS 3D, la realització i caracterització del model no té cap complexitat.

Primer de tot s'ha de definir les zones a estudiar. L'extensió de TRNSYS 3D ofereix als usuaris la possibilitat de dividir les zones a estudiar segons si són zones tèrmiques o bé zones d'ombra:

- Zones tèrmiques: Són les zones a estudiar i parametritzar. Són zones on es coneixen les característiques, les condicions i tenen algun valor significatiu en el càlcul de la zona estudiada.
- Zones d'ombra: Són aquelles zones que no tenen valor significatiu a estudiar, però si que poden influir a la zona estudiada, ja que d'alguna forma hi intervé una transferència de calor o simplement evita la incidència de la radiació solar.

En l'exemple estudiat de l'altell de la 5ª planta de l'edifici PRBB, es diferencien les zones tèrmiques següents:

- Sala de cultius (S2)
- Sala de neteja (SAS)
- Microscòpia
- Passadís 1
- Passadís 2
- Sostre

Determinades àrees, com podria ser els passadissos o el sostre, són perfectament caracteritzables també com a zones d'ombra però degut a la seva abundant informació, en aquest estudi s'han contemplat com a zones tèrmiques.

Així doncs, la zona amb una incidència solar directa és el passadís 2 i per tant, és la única que es tindrà en compte a l'hora de comprovar els elements que li fan ombra. Per tant, es busca tota aquella construcció que pugui ser condicionant a l'hora de rebre la radiació solar a aquella zona. Es troba que l'únic que li fa ombra en un determinat període del matí és el mateix edifici del PRBB, que a l'altre banda del pati interior, s'aixeca la mateixa edificació de 7 plantes de on s'ubica la sala de cultius estudiada.



Figura 4.6. Ubicació zona altell de la planta 5ª costat hospital. (Font: Pròpia)

Un cop s'han definit quines zones són d'estudi i quines tenen influència respecte les primeres, es comença a elaborar el model en 3D. Per fer-ho s'ha de dibuixar en primer lloc la superfície en 2D, per tal de poder *extruïr* posteriorment i donar-li volum.

Existeix una característica molt important a tenir en compte en aquest pas, ja que sinó en passar el model al TRNSYS 17, no el reconeixeria. Es tracte d'utilitzar la zona geomètrica de l'extensió de TRNSYS 3D i sobretot, treballar sempre dins d'aquesta. Qualsevol objecte que estigui dibuixat sense tenir activada la zona de TRNSYS 3D, es considera únicament com a objecte de SketchUp i no es podrà passar a arxiu .idf³.

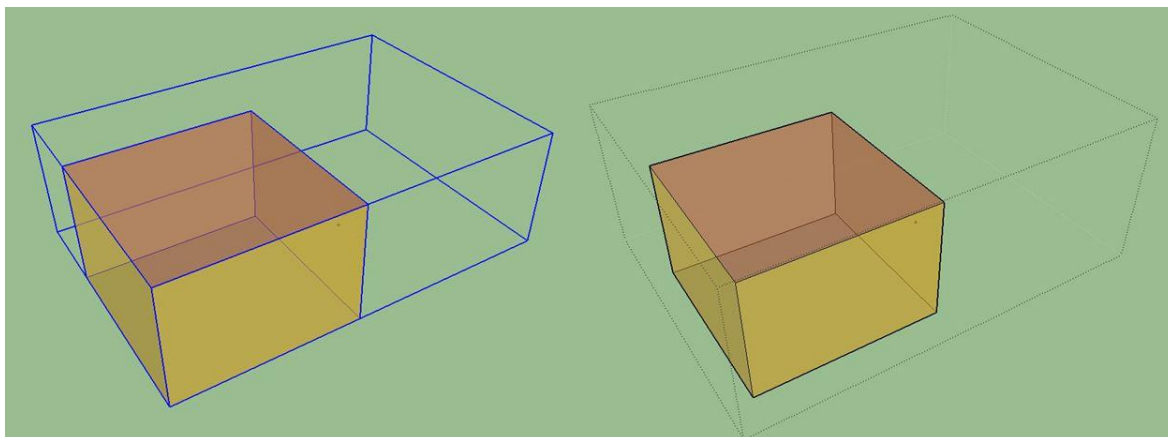


Figura 4.7. Diferència entre treballar sense l'extensió TRNSYS 3D (Esquerra) i amb l'extensió (dreta).
(Font: Pròpia)

Així doncs, es crea una zona geomètrica per cada zona d'estudi (segon si és tèrmica o d'ombra) i s'hi situa a l'interior el volum en 3D de cada part de l'edifici. Òbviament, una de les parts més significatives són les finestres. Per a dibuixar-les, simplement és dibuixa el contorn d'aquesta sobre la cara desitjada i posteriorment s'hi detallaran les característiques.

Finalment, un cop s'han creat totes les zones del projecte desitjades, es pot complementar posant una nomenclatura a cada una d'elles. Existeix una eina dins de TRNSYS 3D que permet obrir una pestanya amb la informació de cada "objecte". S'hi detallen les característiques, la superfície, el tipus d'edifici i el nom. Les sales del present projecte passen a identificar-se segons s'exposa a continuació:

Sala	Nomenclatura	Volum [m ³]	Zona geomètrica
Sala de cultius	SALA_CULTIUS	45,57	Tèrmica
Sala de neteja	SAS	10,41	Tèrmica
Microscòpia	MICROSCOPIA	46,82	Tèrmica
Passadís 1	PASSADÍS_1	18,04	Tèrmica

³ Format d'arxiu que utilitza el programari TRNSYS.

Passadís 2	PASSADÍS_2	42,23	Tèrmica
Sostre	SOSTRE	38,04	Tèrmica
Edifici PRBB	SHADING GROUP	/	Ombra

Taula 4.2. Nomenclatura i superfície de les zones contemplades al projecte. (Font: Pròpia)

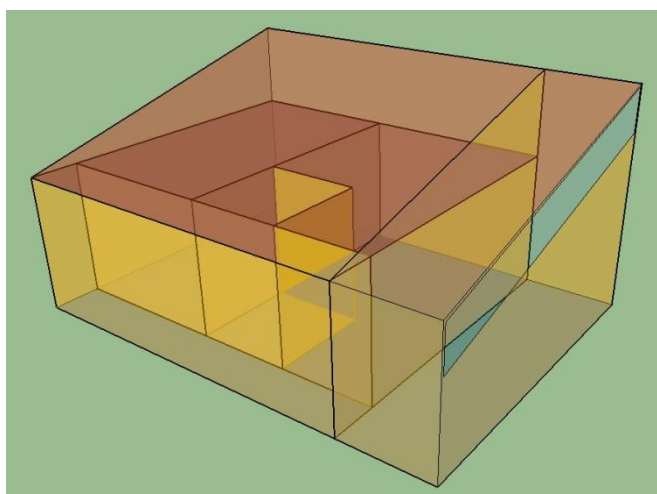


Figura 4.8. Estat final de la zones tèrmiques a estudiar. (Font: Pròpia)

Finalment es pot comprovar en la Figura 4.8 com queda la distribució de la zona estudiada. Cal esmentar que tot el dibuix es realitza amb les dimensions exactes, per tal de fer més realista l'estudi. També s'ha tingut en compte l'alçada sobre el nivell del mar, així com la orientació de l'edifici.

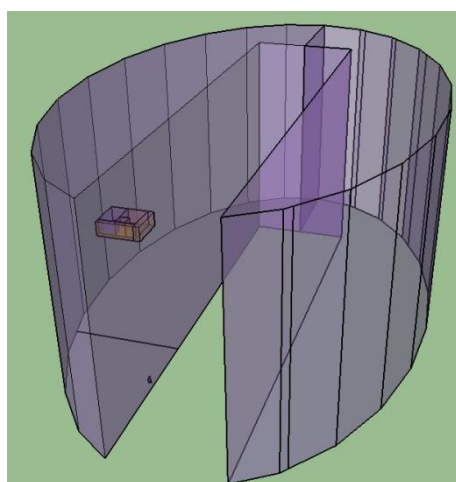


Figura 4.9. Visió general del PRBB i la zona estudiada. (Font: Pròpia)

4.1.4. Definir parets amb les seves zones en contacte

Com es veu a la Figura 4.8 s'identifiquen diferents colors al model creat en 3D. Això és degut a que l'extensió de TRNSYS 3D defineix cada superfície amb una condició, per tal de posteriorment, integrar i identificar correctament tot el sistema correctament al TRNSYS 17. D'aquesta manera, es pot identificar una superfície com a terra, paret, sostre o teulada (*floor, wall, ceiling o roof*).

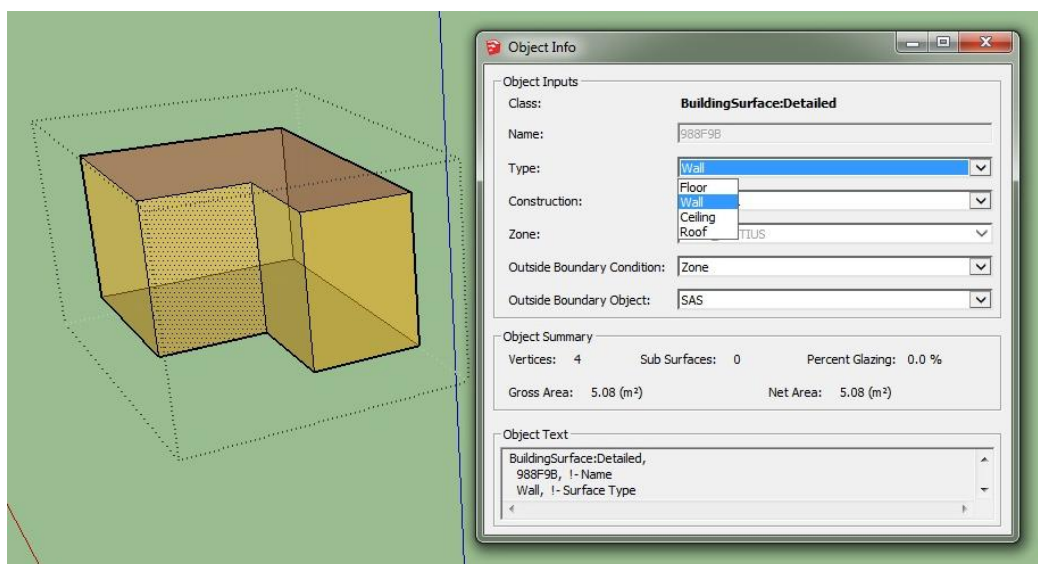


Figura 4.10. Finestra on s'especifica les característiques de la superfície seleccionada. (Font: Pròpia)

A més d'escollir el tipus de construcció que és cada superfície, les zones adjacents entre elles s'han de considerar. Això es transforma en una identificació i una relació de superfícies que estan en contacte amb dos o més zones d'estudi. Així doncs, s'ha d'establir per exemple, que la sala de cultius està en contacte per dos superfícies amb la sala de neteja o una amb el sostre.

Realitzant el mateix procediment que anteriorment, s'obra per cada una de les superfícies, la finestra on s'hi detallen les característiques. A sota del tipus, es defineixen tot de condicions depenent de la ubicació i del tipus de superfície que s'està especificant:

- *Adjacent*. Es defineix com a *adjacent* la superfície que està en contacte amb una altre zona tèrmica a considerar.
- *Boundary*. Són aquelles superfícies que estan en contacte amb altres zones que no estan incloses dins de l'estudi. Comprenen totes aquelles del voltant del model que no tenen una zona definida en contacte.
- *Exterior*. Com el seu nom indica, són aquelles superfícies que directament estan amb contacte amb l'exterior.

- *Ground Floor*. Es defineix una superfície com a *ground floor* si aquesta és bàsicament, el subsòl urbà.
- *Virtual Surface*. Es nombra una superfície com a *virtual surface* quan realment no existeix un element en aquella ubicació però la necessites definir per tancar una zona en concret. Per exemple, seria una *virtual surface* una superfície lateral d'un passadís que en la realitat no acaba allà però és la zona delimitada.

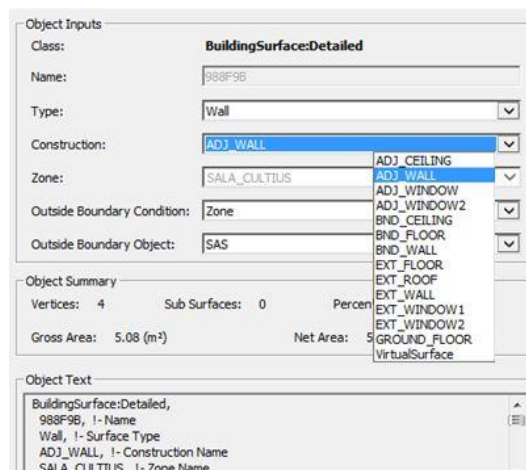


Figura 4.11. Classificació de les superfícies segons la zona amb contacte. (Font: Pròpia)

4.2. TRNBuild

Degut a la complexitat que té treballar amb el concepte multi-zona, apareix l'eina TRNBuild que permet incloure tots aquells paràmetres que no s'han definit anteriorment al TRNSYS3D o bé, per la dificultat que això comporta, es descarta fer-ho directament al Simulation Studio.

Com s'ha dit anteriorment al capítol 3.1, TRNBuild s'accedeix directament des de TRNSYS Simulation (Simulation Studio). Per això doncs, s'ha d'obrir l'arxiu .idf amb el Simulation Studio i un cop obert, entrar dintre la icona de l'edifici per tal de començar a definir-lo.

La primera informació que ens fa definir el programa és la ubicació i la orientació que té el nostre edifici o model estudiat. Ens pregunten primer de tot a quin hemisferi (nord o sud) està ubicat el nostre edifici, per tal de computar correctament els angles d'azimut i les orientacions de la superfície.

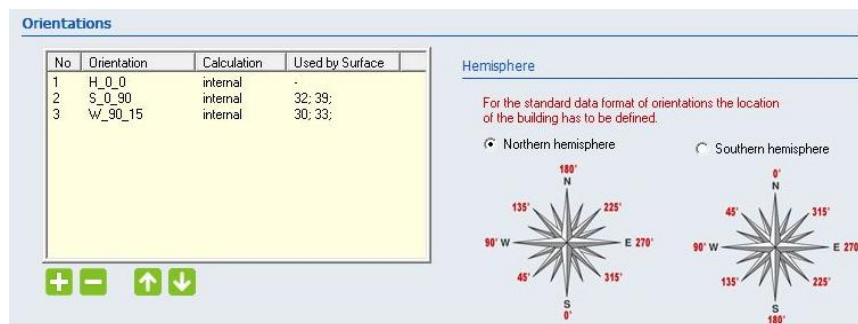


Figura 4.12. Orientacions de l'edifici estudiat i hemisferi on s'hi situa. (Font: Pròpia)

Quan obres l'arxiu .idf creat anteriorment amb Sketchup, el programa TRNBuild ja detecta totes les zones que s'han especificat anteriorment i en elles, s'hi detalla tota la informació que s'ha pogut definir amb el TRNSYS 3D. Com es pot veure en la següent imatge, a la dreta s'hi situa un "índex" de les zones especificades i a l'esquerra, una de les zones treballades oberta, des de on es treballarà per tal d'especificar les seves característiques.

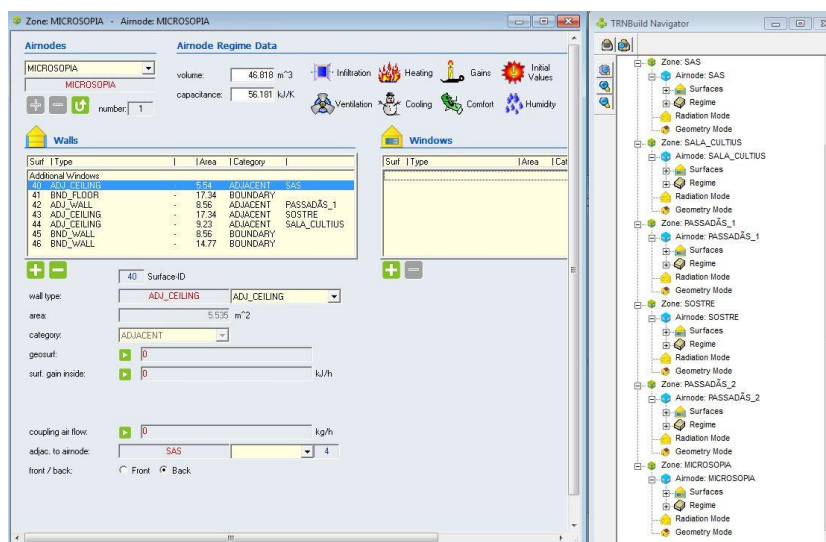


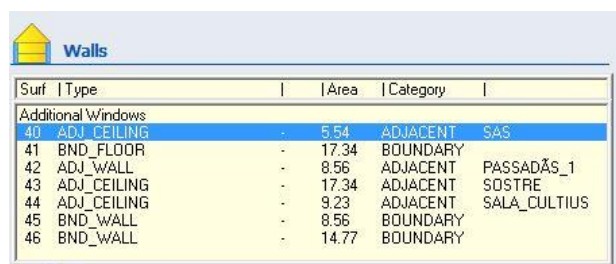
Figura 4.13. Finestra de la zona de microscòpia. (Font: Pròpia)

A continuació, es defineix el pas a pas per acabar de configurar, estructurar i detallar les característiques de cada zona estudiada. En general, tal i com es podrà veure en aquest capítol, la utilització de TRNBuild és per determinar les càrregues tèrmiques que conté cada zona i poder determinar així l'impacte que tenen envers les condicions climàtiques de les sales.

Tal i com es veurà a la simulació, aquestes càrregues tèrmiques sensibles tenen una elevada importància en el comportament de les zones. Té lògica doncs, que quan es parli de climatitzar un espai, el primer pas a realitzar és el de calcular aquestes càrregues tèrmiques, per determinar quina demanda de fred o de calor, necessita l'espai.

4.2.1. Murs

El primer pas a desenvolupar en el TRNBuild és el de definir les característiques dels murs, sostres i terres de la zona estudiada. Tal i com es pot apreciar a la figura Figura 4.14, el programa ja detecta la primera identificació de superfícies que s'ha detallat en el capítol 4.1.4. D'aquesta manera, TRNBuild ja enumera les superfícies, especifica de quin tipus són i calcula l'àrea que tenen.



Surf	Type	Area	Category
Additional Windows			
40	ADJ_CEILING	5.54	ADJACENT SAS
41	BND_FLOOR	17.34	BOUNDARY
42	ADJ_WALL	8.56	ADJACENT PASSADÀS_1
43	ADJ_CEILING	17.34	ADJACENT SOSTRE
44	ADJ_CEILING	9.23	ADJACENT SALA_CULTIUS
45	BND_WALL	8.56	BOUNDARY
46	BND_WALL	14.77	BOUNDARY

Figura 4.14. Superfícies que conté la zona microscòpia. (Font: Pròpia)

Així doncs, en aquest punt, es té definit les condicions inicials de cada superfície i quines estan en contacte amb unes altres o amb l'exterior. Ara bé, el programa defineix unes característiques fixes a les parets adjacents, exteriors, *boundarys*, etc. Que no han de perquè ser iguals que la realitat. Això vol dir que en el següent pas, s'ha d'entrar superfície a superfície i afegir de quin material estan compostades i el seu espessor.

Cada superfície té la seva particularitat d'estar composta per un material o altre i segons si són interiors o exteriors, tenen també diferent espessor. És per això que s'estudia cada superfície en particular, per tal de saber les característiques de cada una. Un cop s'ha estudiat individualment, s'elabora una plantilla amb la qual s'engloben totes aquelles superfícies que comparteixin les mateixes característiques (materials i espessor).

MODEL A	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]
Material interior	Revestiment de PVC homogeni	2,5	0,0025
Material 2	Pladur (guix laminat)	12,5	0,0125
Material 3	Llana de roca	48	0,048
Material 4	Pladur (guix laminat)	12,5	0,0125
Total		75,5	0,0755

Taula 4.3. Espessors dels materials que contenen les superfícies denominades "model A". (Font: Pròpia)

En total es comptabilitza fins a 46 superfícies que conté la zona, on s'hi inclouen murs, terres, fals-sostres o taulades. Com s'ha dit, no totes les superfícies tenen les mateixes característiques, materials ni espessors i es recull un total de 15 models iguals, que sí que comparteixen propietats. Un exemple d'aquests models és la taula Taula 4.3, que engloba els envans de guix que té la sala blanca.

Per poder fer la relació de cada superfície amb el seu model corresponent, s'entren al programa tots els models que es detallen a l'annex, gràcies a l'eina “Wall Type” Manager. Es van crear nou tipus de parets i es nomenen amb la nomenclatura desitjada. Tot seguit s'ha d'especificar els materials i el seu gruix.

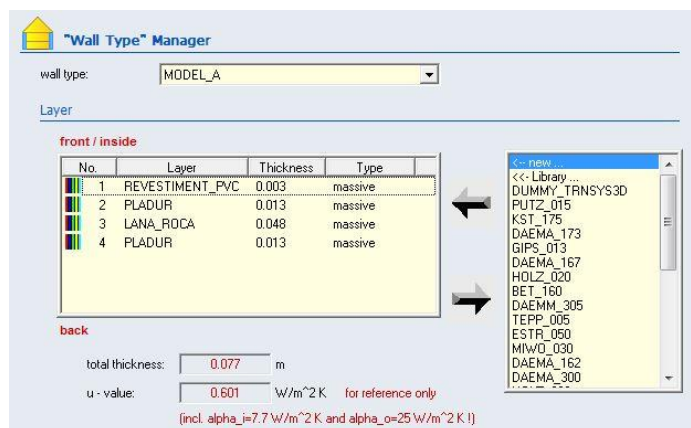


Figura 4.15. Finestra “Wall Type Manager” on es detallen materials i gruixos.

Tal i com es pot veure a la dreta de la imatge Figura 4.15, el mateix TRNSYS ofereix una extensa biblioteca de materials, amb les seves corresponents propietats. En cas de que un material no estigui dintre de la biblioteca de TRNSYS, es pot crear sense problemes detallant les seves característiques. Així doncs, el funcionament per crear els models és molt senzill, ja que es tracta de seleccionar el material que es vol incloure i especificar el seu gruix.

Automàticament el programa va situant els materials en ordre, de la cara interna a la part externa de la superfície. Com es pot apreciar a la imatge, el programa també calcula automàticament la suma d'espessor i el seu coeficient de transmitància tèrmica total (*u-value*). A l'annex es detallen tots els *u-value* de totes les superfícies.

Gràcies a l'elaboració del model en 3D mitjançant Sketchup i la posterior identificació de les superfícies amb les corresponents zones de contacte, TRNBuild detecta automàticament aquestes condicions i, quan marquem una superfície amb un model determinat, utilitza el mateix model amb l'ordre dels materials intercanviats.

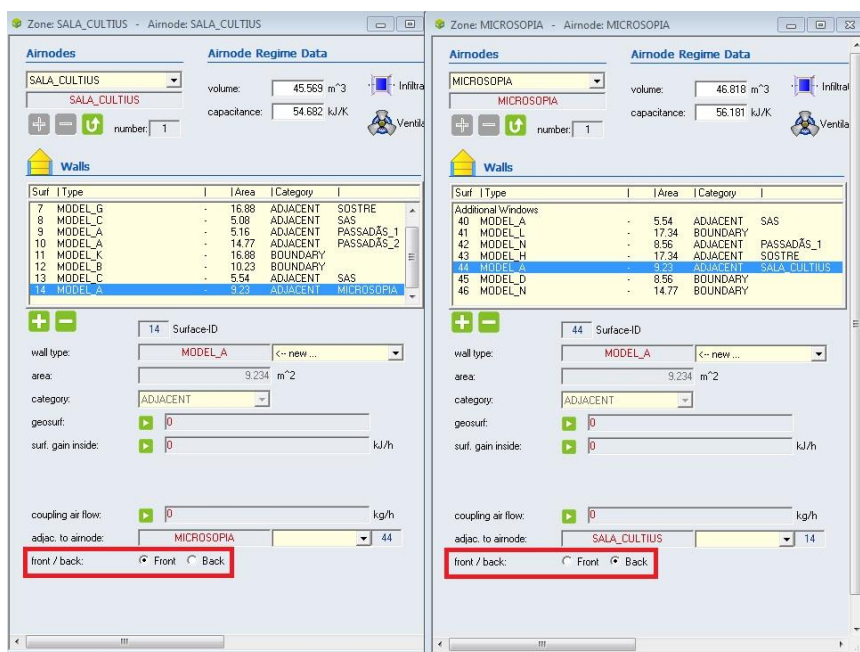


Figura 4.16. Mateixa paret des de dos zones diferents.

Per exemple, en el cas del model A citat anteriorment, s'identifica les parets de la sala de cultius i, de forma automàtica, el programa detecta que aquella mateixa paret, vista des de microscòpia, te les mateixes característiques d'espessor però amb el material col·locat a l'inrevés. Tal i com es veu a la imatge anterior, això es pot comprovar i fins i tot modificar-ho amb l'elecció de *front/back* en la part inferior de la finestra.

Un cop s'han definit els models, s'han relacionat les superfícies i s'han identificat segons siguin interiors o exteriors, cal determinar quines seran les condicions de cada zona que agafarà el programa per aplicar el coeficient de transferència de calor a les superfícies. És a dir, s'ha d'especificar quines condicions es tenen a banda i banda de cada superfície.

A la part inferior de la finestra "Wall Type Manager" es situen les caselles per seleccionar les condicions esmentades. Així doncs, s'ha de tornar a anar model per model i definir què hi ha a banda i banda de la superfície. Per exemple, en el cas que tinguem dos sales les quals coneixem les seves condicions (o volem que les calculi el programa) triarem que el càlcul sigui intern (mitjançant la simulació de TRNSYS). En canvi, si per exemple una banda de la superfície, és l'exterior, com podria ser la teulada o el passadís 2, podem predefinir unes condicions determinades, fixes i basades en un valor estudiat proporcionat per l'IREC.



Figura 4.17. Determinació de les condicions de càlcul del coeficient de transferència de calor.

4.2.2. Finestres

Les finestres és un altre element constructiu que s'ha de tenir en compte a l'hora de realitzar la simulació. De fet, més endavant a la part del resultats de la simulació, es veurà la influència que té aquesta envers les condicions de la zona. En TRNBuild, les finestres es poden definir com a parets externes o adjacents, o bé com una finestra addicional sense tenir cap paret relacionada.

Gràcies al disseny en 3D, en que ja es va dibuixar el rectangle que simbolitzava la finestra, TRNBuild ja detecta que aquella superfície és una finestra i apareix a la part dreta de la pestanya de la zona. En aquest cas, la finestra forma part de la paret exterior que conté la zona passadís 2.

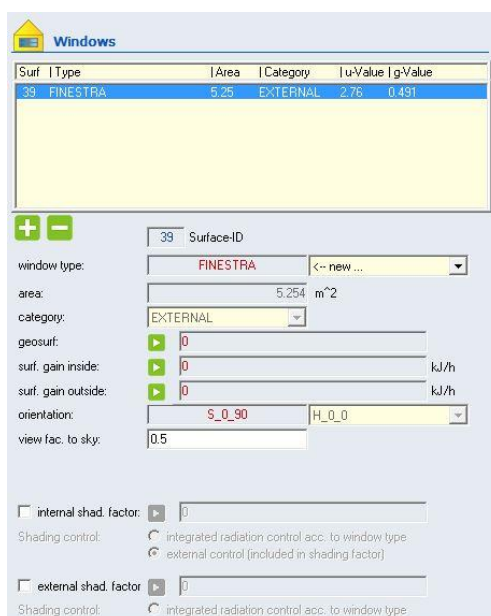


Figura 4.18. Informació de la finestra del passadís 2. (Font: Pròpia)

Des de la pestanya de "windows" (figura Figura 4.18), es pot veure les primeres característiques de la finestra que conté la zona estudiada. Com es veu a la imatge, es tracte d'una finestra que ocupa uns 5,254 m² i pertany al tipus ("window type") FINESTRA. Aquest és un model que s'ha creat amb anterioritat per tal de relacionar, la citada finestra de la zona, amb unes característiques determinades.

Per poder relacionar un model determinat amb la finestra real del projecte, es crea un nou tipus per tal de trobar unes característiques que s'assimilin al màxim de les condicions reals de la finestra. Segons informació provinent de l'arxiu documental del centre PRBB, la finestra és de doble vidre amb absorbent gris, amb un espessor de vidre de 6mm i amb una càmera d'aire intermèdia de 8mm. A més, té un factor molt important a tenir en compte: un filtre solar d'eficiència 50%.

Característiques finestra		
Format	Doble vidre amb absorbent	
Espessors	6/8/6	[mm]
<i>U-Value</i>	2,75	[W/m ² K]
<i>G-Value</i>	50	[%]

Taula 4.4. Característiques de la finestra escollida. (Font: Pròpia)

Així doncs, es tracte de crear un model igual o el més aproximat possible a la realitat. Per fer-ho, s'accedeix a la pantalla principal del TRNBuild i s'entra dins de "*Window Type Manager*". Es posa un nom al nou model que es crearà i es busca, dins de l'extensa biblioteca de TRNSYS un tipus de vidre que encaixi amb el citat anteriorment.

Com es pot observar a la imatge Figura 4.19, s'escull el vidre amb número de ID 13913. Aquest model estàndard de vidre com es veu, té unes característiques pràcticament calcades a les que té el vidre del present projecte. La resta de valors per modificar es deixaran com estan, ja que són propietats opcionals que se li pot afegir a la finestra i que en aquest cas, ja són correctes.

"Window Type" Manager

window type: **FINESTRA**

Glazing

ID number: **13913** WinID: **Pool Lib**

slope of window: **90** degree

For 1 glazing module width: **0** m height: **0** m

u - value: **2.76** W/m² K (values acc. to glazing library (for reference only))

g - value: **0.491** %/100

ID spacer: **0** Data from w4-lb.dat

Frame

area frame/window: **0** % / 100

c - value (1/R): **10.9091** kJ/h m² K (without conv. + rad. heat transfer coefficient)

solar absorptance: **0.6**

emissivity: **0.9**

Optional Properties of Shading Devices

Additional Thermal Resistance

internal device: **0** h m² K/kJ

external device: **0** h m² K/kJ

Reflection Coefficient of Internal Device

towards window: **0.5** % / 100

towards zone: **0.5** % / 100

Radiation depending shading control (internal model)

Close if total radiation on window > **1** kJ/h m²

Open if total radiation on window < **1** kJ/h m²

Emissivity of Internal Device towards zone

0.9

Fraction of abs. Solar Radiation to Zone Air Node (CCISHADE)

0.5 % / 100

Convective Heat Transfer Coefficient of Window (glazing + frame)

Front (inside)

☐ userdefined ☒ internal calculation

☐ infloor ☐ incelling ☒ vertical window

Back (outside)

☒ userdefined ☐ internal calculation

72.9 kJ/h m² K

Save to User Library

R D C N

Figura 4.19. Finestra "Window Type Manager" (Font: Pròpia)

4.2.3. Ventilació

El Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona compte entre el seus equipaments més destacats, una xarxa extensa de conductes per on hi circula la ventilació de les diferents sales de l'edifici. Els laboratoris d'investigació, així com sobretot les sales de cultiu, necessiten de condicions de tractament d'aire molt estrictes, que exigeix un control exhaustiu de les instal·lacions de climatització.

La zona objecte de projecte es divideix en 4 espais, amb requeriments i característiques ben diferenciades. La més significativa però, és la sala de cultius S2, que pretén ser una sala blanca amb qualificació ISO classe 8 i per tant, s'ha de crear un ambient d'aire net per minimitzar la contaminació atmosfèrica. Alhora, el SAS o espai de transferència, serveix d'entrada i sortida de persones i materials a la sala de cultius.

TRNSYS permet definir un flux d'aire per exemple, des d'un equip de calefacció o refrigeració fins a una de les zones del projecte. L'especificació de la ventilació és opcional i la configuració predeterminada és que no n'hi ha. Com en altres casos, aquesta caracterització de les instal·lacions tant es pot realitzar a TRNBuild com més tard al Simulation Studio.

El present projecte té l'objectiu principal de centrar-se en la sala de cultius i en menor part, a l'espai de transferència (SAS), però no es pot deixar de tenir en compte les zones del voltant ja que poden influenciar considerablement el resultat de les simulacions. És per això que es definiran 3 tipus de ventilació: una per la sala de cultius, una per el SAS i una altre per el passadís. La sala de microscòpia s'explicarà en el següent capítol.

En la barra d'eines del TRNBuild apareix un logo amb un ventilador. Al prémer, apareix la finestra "Ventilation Type Manager". Si es selecciona l'opció "new", apareix una finestra per definir el nou tipus de ventilació. Es canvia el nom i entre les opcions que es poden definir, hi apareix el cabal o les renovacions d'aire, la temperatura de l'aire impulsat o la humitat. TRNSYS també ofereix la possibilitat que tots aquests valors siguin constants, o bé un input del programa.

Com es tracte d'unes propietats variables en el temps, es definiran de manera que sigui un *input* del programa. D'aquesta manera, la simulació anirà variant el valor d'aquestes entrades en funció del comportament de la simulació. Aquesta part es veurà més endavant dintre la descripció de Simulation Studio.

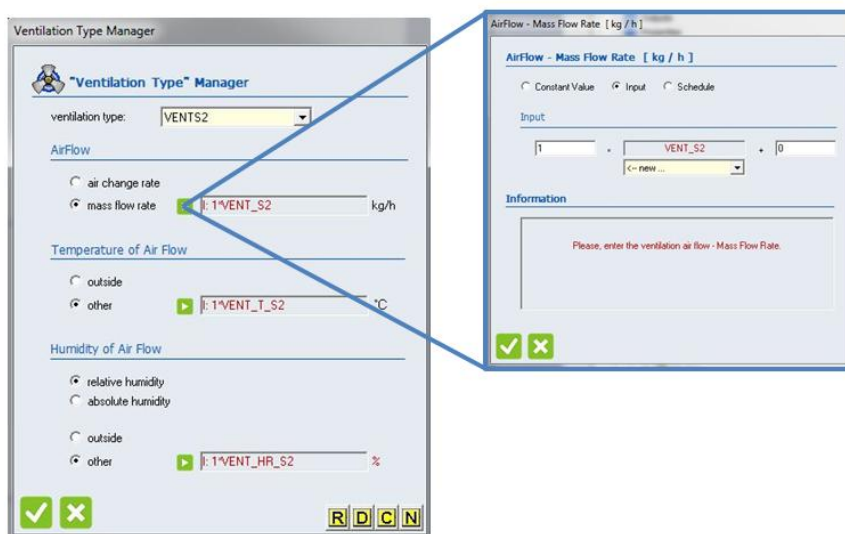


Figura 4.20. Definició de les propietats de ventilació de la sala de cultius. (Font: Pròpia)

Primer de tot, a la finestra principal de TRNBuild, s'ha d'incloure el nom dels *inputs* que volem utilitzar per la ventilació. Per fer-ho, a la llista principal de navegació de TRNBuild, apareix una icona amb el nom de *inputs*, de on es pot afegir el número de entrades que es vol i la seva nomenclatura. En aquest cas, s'han de crear 3 *inputs* per la sala de cultius i 3 per el SAS. Com es pot veure a la imatge anterior, les tres variables seran: el cabal d'aire d'impulsió (*VENT_S2*), la temperatura de l'aire d'impulsió (*VENT_T_S2*) i la humitat relativa de l'aire (*VENT_HR_S2*). En el cas del SAS, s'aplicaran els mateixos criteris amb diferent nomenclatura.

Tot seguit, s'ha d'anar a la sala de cultius i al SAS i afegir els models tipus que s'han creat amb els inputs nous a la ventilació de cada zona.

En el cas de la sala de microscòpia, es realitza el mateix procediment, però utilitzant renovacions d'aire en comptes de cabal d'aire. En aquest cas, com es tracta una zona més diàfana i de pas, on les condicions no són tant estrictes, s'estipula 4 renovacions/hora. La temperatura que porta aquest aire, la detallarem més endavant mitjançant un *input* a Simulation Studio.

4.2.4. Calefacció i refrigeració

A part de la ventilació d'aire que s'ha detallat anteriorment, existeixen instal·lacions que compten de sistemes de calefacció i aire condicionats que utilitzen mètodes convectius i radiatius per variar les condicions climàtiques d'una zona. TRNBuild permet determinar les especificacions de calefacció i refrigeració de qualsevol zona sotmesa a un control de la climatització idealitzat, especificant quin és aquest tipus.

En el present projecte, s'estudia la particularitat de la sala de cultius. El sistema de calefacció i refrigeració que té aquest es basa en una unitat de tractament d'aire (UTA) o climatitzador, que s'encarrega d'aportar les condicions òptimes a la sala. El funcionament és complex i variable en funció del temps. Es per això doncs, que es decideix parametritzar el comportament de clima de la sala de cultius i el SAS en el Simulation Studio. TRNSYS 17 ofereix a l'usuari les dos possibilitats de treball, però l'eina *Heating/Cooling* es sol utilitzar per definir les condicions de climatització de les zones annexes a la estudiada.

D'aquesta manera, l'eina *Heating/Cooling* només s'utilitzarà en aquest projecte per la climatització de la sala de microscòpia. Aquesta té unes condicions climàtiques molt constants i la variació de temperatura és menyspreable. Utilitza un sistema de control de la seva climatització (un fan-coil d'aigua) que manté la sala amb unes condicions òptimes. Per aquest motiu es considera que la temperatura de la sala de microscopis no fluctua gaire i per tant, es pot arribar a considerar una temperatura constant tot l'any.

Així doncs, es creen dos models per definir la temperatura de la sala de microscopis; un primer per la calefacció ("*Heating Type*") denominat CLIMA_MICROSC i un segon per la refrigeració ("*Cooling Type*") anomenat CLIMA_F_MICROSC. Ambdós, contenen un *setpoint*⁴ de 22,5 °C constant.

⁴ Un *setpoint* o punt de consigna és un punt en que alguna variable d'un sistema de control s'estableix entre certs paràmetres desitjats. En climatització és el valor de temperatura el qual es desitja que es mantingui al llarg del temps.

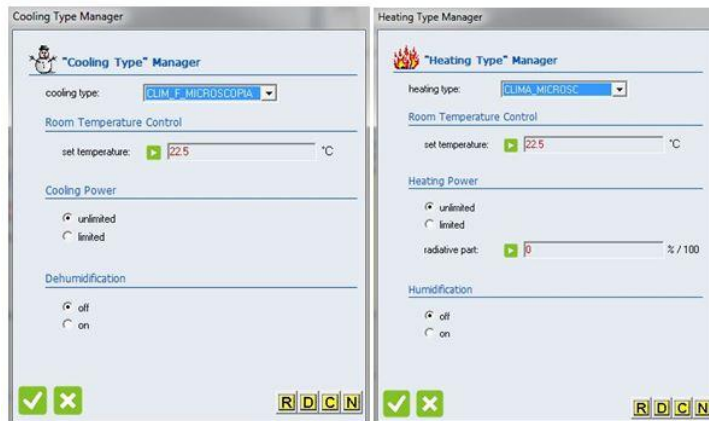


Figura 4.21. “Cooling Type Manager” i “Heating Type Manager” de la sala microscòpia.

Finalment, un cop creat els dos models de calefacció i refrigeració, s’han de carregar a la zona, entrant a la finestra de microscòpia i seleccionant els estils que s’han creat com a *input* de temperatura de la sala.

4.2.5. Guanys

Existeixen molts factors i elements que fan que en l’interior de una sala, en aquest cas la sala de cultius, hi hagi càrrega tèrmica. El concepte de càrrega tèrmica s’utilitza sobretot en climatització (calefacció i refrigeració) i es tracta de la quantitat d’energia tèrmica per unitat de temps que un lloc tancat intercanvia amb l’exterior a conseqüència de les diferents condicions d’ambdós.

Aquestes aportacions o pèrdues de calor existents s’han d’analitzar i contemplar a l’hora de fer un estudi previ sobre les necessitats tèrmiques d’un edifici, ja que és un factor que tendeix a modificar la temperatura interior de l’aire i el seu contingut d’humitat. D’aquesta manera, el coneixement de les càrregues tèrmiques és imprescindible, ja que és el pas previ per dissenyar el sistema de condicionament de l’aire interior de la zona.

Es podria tenir en compte una classificació de les càrregues tèrmiques, segons la seva incidència:

- Càrregues tèrmiques sensibles. Són aquelles que provoquen una variació en la temperatura de l’aire.
- Càrregues tèrmiques latents. Són aquelles que provoquen una variació en la humitat absoluta de l’ambient.

En aquest capítol es descriuran totes aquelles càrregues tèrmiques que conté la nostra zona i es detallaran els passos per incloure-les al programa. TRNBuild permet incloure per exemple els guanys per il·luminació, per ocupació o els guanys provinents dels aparells informàtics o d’investigació.

De totes formes, s'ha de dir que quan s'ha definit les condicions dels murs o la climatització, indirectament s'estava definint guanys interns, ja que per la transmissió de conducció a través dels elements constructius i per el tractament tèrmic de la climatització es produeixen una sèrie de càrregues internes que la simulació tindrà en compte.

4.2.5.1. Aportacions de calor per ocupació

Per tal de treballar correctament una simulació energètica d'un edifici, s'han d'especificar totes aquelles càrregues tèrmiques que poden ser significatives a l'hora de realitzar la simulació. Una d'elles, és la ocupació de les sales i l'horari de funcionament que tenen. A continuació es mostra una taula que detalla quina és la ocupació mitja i l'horari de treball de les zones.

ZONA	Nº de persones	Horari d'ocupació
Sala de cultius	3	8h a 18h
Sala de neteja	0	-
Microscòpia	3	8h a 18h
Passadís 1	0	-
Passadís 2	0	-

Taula 4.5. Ocupació nominal de cada zona e interval horari d'ús. (Font: Pròpia)

Així doncs, amb la taula anterior es pot crear una plantilla que defineix els horaris setmanals de les zones. Amb un codi binari 0-1, es pot especificar si s'està dins l'horari de funcionament (1) o fora d'horari laboral (0). A la barra principal del TRNBuild hi ha l'eina "Schedule Type" Manager", que serveix per lo citat anteriorment.

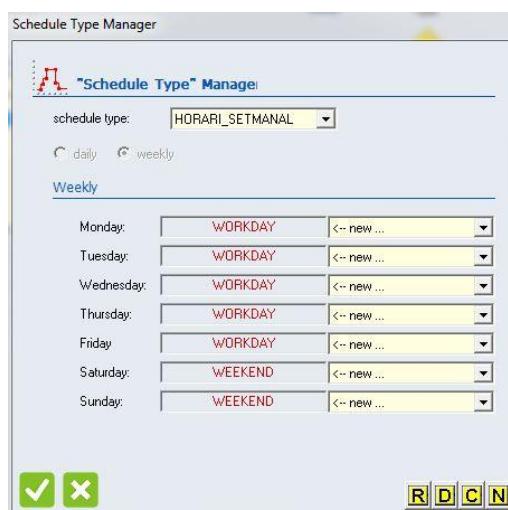


Figura 4.22. Eina "Schedule Type Manager" per definir horaris tipus. (Font: Pròpia)

Es crea un nou tipus d'horari setmanal, denominat "HORARI_SETMANAL" i es defineix dia a dia els horaris de funcionament. En el cas estudiat, no s'ha tingut que crear cap "dia tipus" diferent, ja que els estandarditzats de TRNSYS s'adapten perfectament al cas real. Així doncs, tal com es mostra a la figura Figura 4.22, es trien dos tipus diferents d'horari diari:

- *Workday*: és el dia laborable normal, amb un horari establert entre les 8h del matí i les 18h de la tarda.
- *Weekend*: és horari no laborable, doncs no hi ha activitat a l'edifici i per tant, no hi ha ús de les zones.

Un cop s'han creat els tipus (o models) d'horari, s'han d'utilitzar per definir la ocupació de cada una de les zones. Dins de la finestra de cada zona, existeix una figura d'una espelma denominada "gains", que són els guanys per les càrregues internes. Dins d'aquesta finestra, s'ha de seleccionar quin grau d'actuació i quina activitat es desenvolupa dins de cada zona. TRNSYS ofereix una taula amb els ratis de guanys interns segons la ocupació.

No.	Degree of Activity	Typical Application	Total Heat Adjusted		Sensible Heat		Latent Heat	
			Watts	Btu/h	Watts	Btu/h	Watts	Btu/h
01	Seated at rest	Theatre, Movie	100	350	60	210	40	140
02	Seated, very light writing	Office, Hotels, Apts	120	420	65	230	55	190
03	Seated, eating	Restaurant	170	580	75	255	95	325
04	Seated, light work, typing	Office, Hotels, Apts	150	510	75	255	75	255
05	Standing, light work or working slowly	Retail Store, Bank	185	640	90	315	95	325
06	light bench work	Factory	230	780	100	345	130	435
07	walking 1.3 m/s (3 mph) light machine work	Factory	305	1040	100	345	205	695
08	Bowling	Bowling Alley	280	960	100	345	180	615
09	moderate dancing	Dance Hall	375	1280	120	405	255	875
10	Heavy work, lifting Heavy machine work	Factory	470	1600	165	565	300	1035
11	Heavy work, athletics	Gymnasium	525	1800	185	635	340	1165

Figura 4.23. Grau d'activitat per la sala de cultius i microscòpia. (Font: Pròpia)

Tot seguit, es procedeix a definir la ocupació de cada zona. En comptes d'escollir un valor constant d'ocupació, s'utilitza l'horari definit anteriorment per al correcte càlcul dels guanys interns. Així doncs, tant sols s'ha de posar els membres (seguint la taula Taula 4.5. **Ocupació nominal de cada zona e**

interval horari d'ús. (Font: Pròpia)) i seleccionar l'horari creat anteriorment.

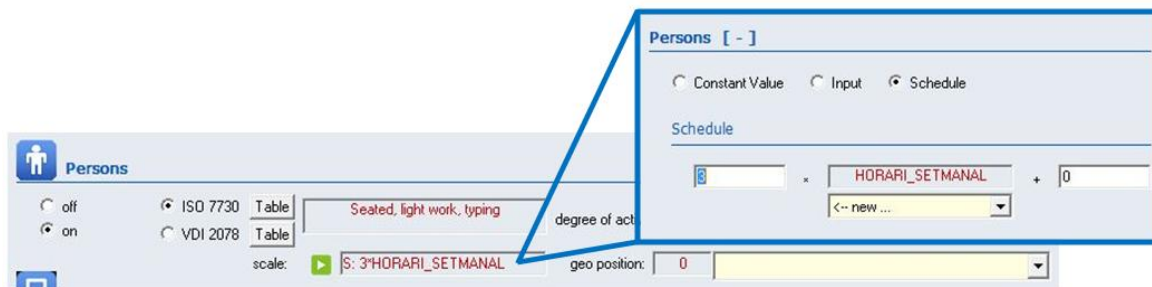


Figura 4.24. Eina "Schudule Type Manager" per definir horaris tipus. (Font: Pròpia)

4.2.5.2. Aportacions de calor per il·luminació

La il·luminació també és un factor important a l'hora de calcular les càrregues tèrmiques significatives que contenen les zones estudiades. És per això doncs, que TRNSYS ofereix la possibilitat de detallar la càrrega sensible aportada per la il·luminació interior.

En primer lloc (com en el capítol anterior) s'ha de definir un horari de funcionament, que farà que TRSNYS només tingui en compte aquests guanys, quan les lluminàries estiguin enceses. En totes les zones, excepte el passadís 2, es té la certesa de que la il·luminació funciona únicament quan entra algun investigador a la zona i per tant, va directament lligada a la ocupació de la sala.

A continuació s'especifica les lluminàries que conté cada zona de l'altell i la potència que té cada una d'elles.

ZONA	Tipus d'il·luminació	Unitats	Potència [W]	Potència total [KW]	Potència total [KJ]
Sala de cultius	Pantalla LED 60x60cm	5	44	220	792
Sala de neteja	Pantalla LED 60x60cm	1	44	44	158,4
Microscòpia	Pantalla LED 60x60cm	6	44	264	950,4
Passadís 1	Downlight LED	3	22	66	237,6
Passadís 2	Fluorescents OSRAM	2	36	72	266,4
Total				666	2.404,8

Taula 4.6. Potència d'il·luminació de la zona altell de la planta 5ª. (Font: Pròpia)

A la taula anterior però, s'ha calculat la potència elèctrica que té cada una de les lluminàries o de les zones, però el programa el que utilitza és l'energia que desprèn cada lluminària en forma de calor i per tant, en guany intern. Per aquesta transformació s'utilitzen uns valors predefinits que estableixen que el 20% de la potència elèctrica de les pantalles LED i el 50% de la potència elèctrica dels fluorescents, és l'equivalent a l'energia calorífica despesa per aquests.

ZONA	Potència elèctrica [KJ]	Càrregues internes per il·luminació [KJ]
Sala de cultius	792	158,4
Sala de neteja	158,4	31,68
Microscòpia	950,4	190,08
Passadís 1	237,6	47,52
Passadís 2	266,4	133,2
Total	2.404,8	560,88

Taula 4.7. Guanys interns de cada zona provocats per la il·luminació. (Font: Pròpia)

Tot seguit s'ha de realitzar el mateix procediment que en l'apartat anterior, per tal de crear (per cada zona) una il·luminació tipus. En la pantalla principal del TRNBuild apareix un altre símbol amb forma d'espelma denominat "Gain Type Manager". Seguidament es creen les diferents classes de il·luminació, segons la zona, amb la seva potència de radiació corresponent.

Per exemple, en la imatge següent, es pot veure com es crea la il·luminació de la sala de microscòpia. A la primera casella de "radiative power" podem incloure el valor corresponent segons la taula Taula 4.7, utilitzant el mateix procediment que en el cas de la ocupació.

Així doncs, tindrem un valor multiplicat per un horari setmanal en el cas de les zones de la sala de cultius, el SAS, microscòpia i el passadís 1, mentre que en el passadís 2 utilitzem la casella "constant value" ja que els fluorescents estan sempre encesos.

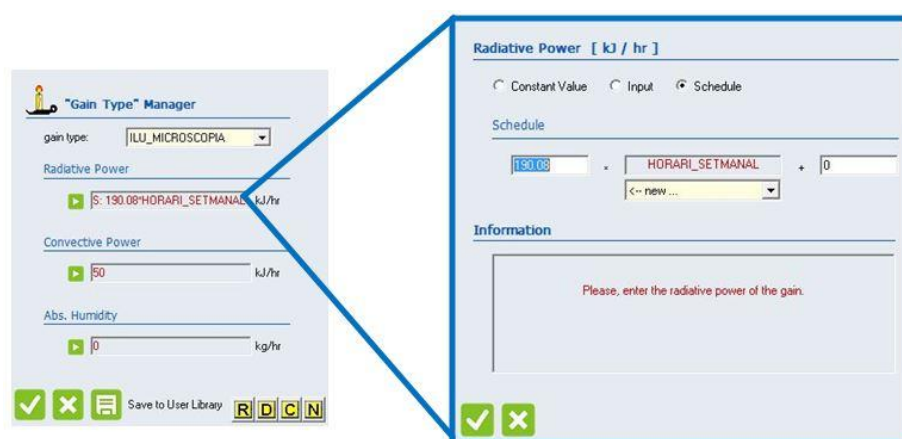


Figura 4.25. Determinació dels guanys interns segons la il·luminació de cada zona. (Font: Pròpia)

Un cop s'ha creat els models d'il·luminació de cada zona, s'han de carregar a cada sala individualment. Per fer-ho s'ha d'entrar a cada zona i accedir a la finestra dels guanys ("Gains"), igual

que s'ha fet en l'anterior apartat. A la part inferior de la finestra, es veu un apartat dedicat a afegir els guanys que l'usuari ha inclòs al programa ("Other Gains").

L'operació per afegir els guanys interns provocats per la il·luminació segueix la mateixa dinàmica que s'ha descrit anteriorment. Com ja s'han definit els horaris de cada exemple, tant sols s'ha de seleccionar per cada sala el model creat correctament i carregar-lo a la llista de "Other Gains".

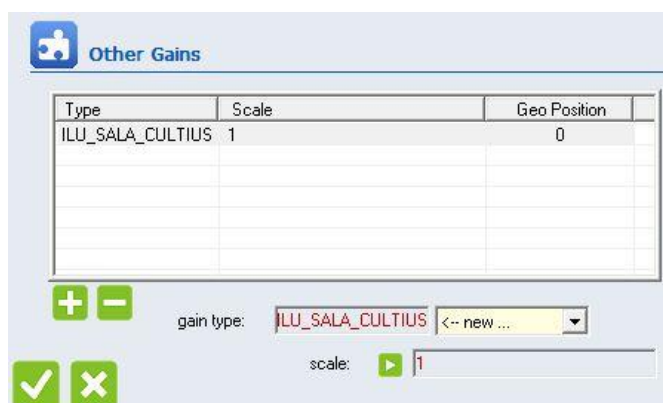


Figura 4.26. Finestra "Other Gains" de la sala de cultius. (Font: Pròpia)

4.2.5.3. Aportacions de calor per equips

Un altre factor molt important a tenir en compte per el càlcul de les càrregues internes de la zona és la maquinària instal·lada en aquesta. Els laboratoris (i en especial les sales blanques) tenen una gran quantitat d'equips instal·lats que fan que les aportacions tèrmiques que aquests provoquen, tinguin un gran impacte a les condicions de la zona.

Tots els equips de la sala de cultius són fonts de calor que, depenent de la seva potència, tindran més pes o menys en els guanys de calor total de l'espai estudiat. És per això doncs, que és important conèixer quin tipus d'aparells s'utilitzen, la potència i sobretot, el factor de simultaneïtat⁵ d'aquests equips.

A continuació es detallen unes taules que contenen tots els equips instal·lats a la sala de cultius i que tenen una aportació tèrmica a considerar:

⁵ El factor o coeficient de simultaneïtat és la relació entre la totalitat de la potència instal·lada, d'un conjunt o una màquina, i la potència real absorbida. És un factor multiplicador que serveix per estimar un consum elèctric, partint de la seva potència instal·lada i l'ús real de l'aparell.

EQUIP	Potència [W]	Coefficient simult.	Potència tèrmica [W]	Potència tèrmica [KJ/h]
Cabina FL Bioseguretat	1.800	0,6	1.080	3.888
Cabina FL Bioseguretat	1.800	0,6	1.080	3.888
Incubadora	1.400	0,6	840	3.024
Incubadora	1.400	0,6	840	3.024
Nevera	120	0,5	60	216
Congelador	170	0,5	85	306
Centrífuga	1.550	0,6	930	3.348
Bany	300	0,8	240	846
Agitador	700	0,6	420	1.512
Electroporador	240	0,6	180	648
Total	9.480 W		5.755 W	20.718 KJ/h

Taula 4.8. Aportacions de calor per equips. (Font: Pròpia)

Un cop s'han identificat i calculat totes les càrregues tèrmiques provinent dels equips d'investigació, s'ha de seguir el mateix procediment que els anteriors passos dels guanys, per tal d'incloure'ls al TRNBuild. Val a dir però, que per el càlcul d'aquestes càrregues tèrmiques, s'ha aproximat la potència calorífica que desprèn cada aparell amb la seva potència i per ser exactes, no tota l'energia elèctrica dels equips es transforma directament a energia tèrmica.

Així doncs, el següent pas és afegir aquestes aportacions al programa. Per fer-ho primer s'haurà de crear de nou un element de guanys, a la pantalla principal del TRNBuild. S'estableix la nomenclatura "MAQ_SALA_CULTIUS" i es crea un nou tipus de guany, seguint el mateix procediment que en el punt 4.2.5.2.. S'utilitza també l'horari setmanal creat per tal de limitar les hores d'utilització en funció de l'horari d'ocupació de la sala, ja que aquestes aportacions, venen marcades per l'operativitat dels equips.

Tot seguit, s'obra la finestra de la sala de cultius i s'accedeix de nou a la pestanya "Gains", per poder relacionar el model creat amb la sala de cultius. Dins de "Other Gains" es busca el guany de la sala de cultius i s'afegeix a la llista on ja hi havia la il·luminació.

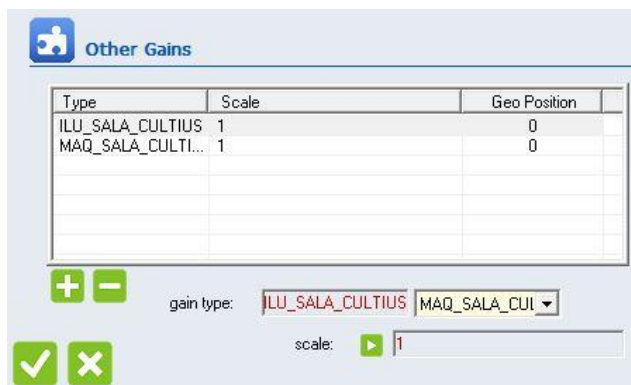


Figura 4.27. Cargues tèrmiques aportades per la il·luminació i maquinària elèctrica. (Font: Pròpia)

4.2.6. Altres

TRNBuild ofereix a l'usuari la possibilitat d'incloure altres guanys interns a part dels descrits anteriorment. Gràcies a l'eina "Other Gains" es pot crear els guanys que un desitgi en funció de la seva aportació tèrmica a la zona. El procediment és el ja comentat anteriorment; crear un tipus amb les característiques d'aquesta aportació i seguidament, relacionar-ho amb la zona corresponent. TRNBuild per defecte també ofereix la possibilitat d'estipular guanys per equips informàtics, com ara ordinadors e impressores, entre altres.

A més, a part de la climatització, els guanys o la ventilació, TRNBuild ofereix la possibilitat de parametritzar valors com ara la humitat, la infiltració tèrmica a les zones, el confort entre altres. De totes formes, aquestes eines es solen utilitzar per zones que no són part de l'estudi, és a dir que no es desitgi veure el comportament d'aquests valors en funció del temps i de les condicions que l'envolten.

4.3. TRNSYS Simulation Studio

Simulation Studio és el motor principal de TRNSYS 17, ja que es tracta d'una eina integrada que es pot utilitzar des del disseny d'un projecte, fins a la seva simulació. Simulation Studio és un paquet molt complet de simulació que conté diferents eines, des dels programes de simulació de motors i programes de connexió gràfica en forma d'impressions o bé programaris de fulls de càlcul.

En general, l'usuari comença realitzant un nou projecte en blanc i es va seleccionant els components mitjançant el menú d'accés directe, un dels menús principals desplegable, i es van col·locant els components al document en blanc. A continuació, amb el botó dret del ratolí o els menús, l'usuari pot seleccionar i canviar els paràmetres i els valors d'entrada inicials, entre moltes altres opcions

disponibles. Finalment, l'usuari pot enllaçar aquest components entre ells i connectar els resultats d'un component (un *output*) a les entrades d'un altre component (un *input*).

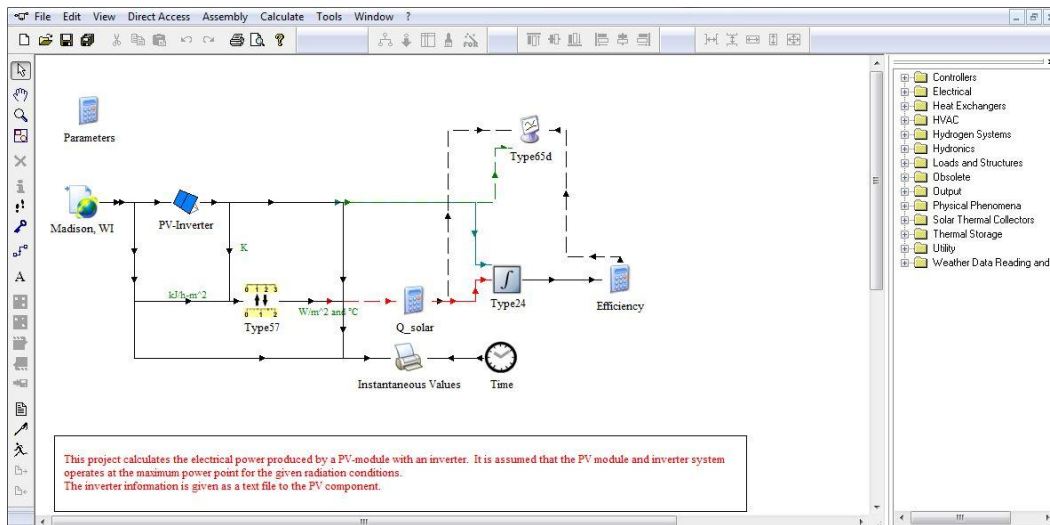


Figura 4.28. Exemple d'un projecte fotovoltaic amb TRNSYS Simulation Studio. (Font: TRNSYS)

La simulació del sistema, és a dir, la visualització dels resultats desitjats, es pot executar una vegada:

- Tots els components necessaris es col·loquen a l'*Assembly Panel*⁶.
- Els paràmetres i els valors inicials es defineixen per a cada component.
- Es realitzen els enllaços necessaris entre els components i es completen les connexions internes de les sortides d'un component a les entrades d'un altre component. (6)

Finalment l'usuari executa la simulació i els resultats es podran veure i/o descarregar mitjançant l'eina TRNSYS Simulation Engine. Segons els resultats, també es poden ajustar els components del projecte les vegades desitjades per executar les simulacions que l'usuari vulgui.

En aquest apartat, es descriurà el procés de creació del model matemàtic utilitzat per aquest projecte. Es detallaran els components utilitzats, els *inputs* i *outputs* de cada component i els enllaços entre aquests. Per acabar, es mostraran els resultats obtinguts així com les diferents simulacions realitzades.

⁶ "Panell de muntatge" traduït directament és la zona on es situen tots els components del projecte i on conté tots els elements que contemplarà la simulació.

Bàsicament, durant tot aquest capítol, el que es farà és caracteritzar un model basat en la climatització de la sala de cultius i del SAS, seguint l'esquema següent:

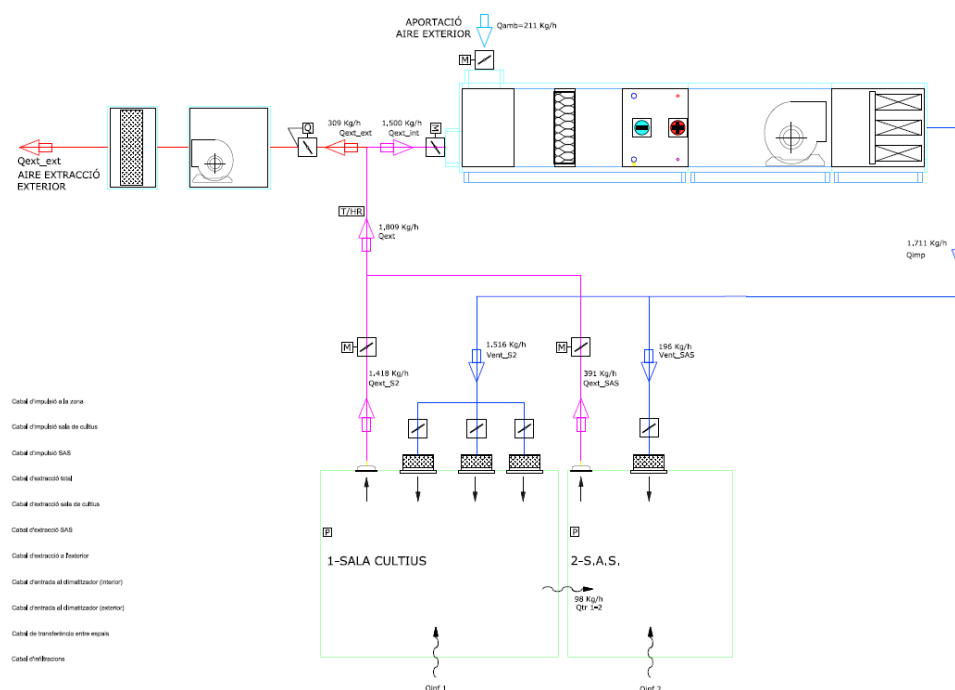


Figura 4.29. Esquema de principi HVAC sala cultius i SAS. (Font: Pròpia)

TRNSYS Simulation Studio ofereix la possibilitat de crear un projecte en blanc i començar de nou per crear el model desitjat a gust del consumidor. Per el present projecte però, que ja s'ha creat un model en 3D i s'han parametrizat totes les condicions constructives de les zones, TRNSYS ofereix un model estàndard per utilitzar de base. Al obrir l'arxiu *.idf* al programa, després d'unes preguntes on es defineixen les condicions inicials, l'*assembly panel* conté els components indicats en la imatge

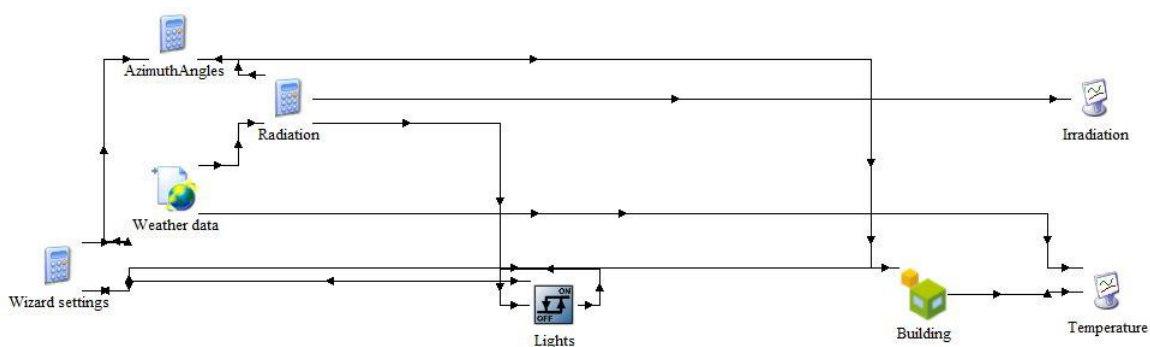


Figura 4.30. Components inicials per un projecte “3D Building Multizone”. (Font: Pròpia)

De tots els components inicials que ofereix el Simulation Studio, indicats a l'anterior imatge, l'únic que no s'utilitzarà en el present projecte és el controlador *Lights*. Es tracte d'un controlador per la

freqüència horària de la il·luminació de la zona. En aquest cas, la il·luminació ja s'ha definit específicament dintre de TRNBuild i per tant, no cal utilitzar aquest controlador.

Per tal de simplificar visualment l'esquema de connexions, es poden ajuntar en grups diferents components, especificant clarament quines són les seves connexions. Per aquest motiu, es decideix ajuntar en un bloc els components relacionats amb la climatologia, com ara la radiació solar, el fitxer *meteo* o els angles d'azimut. A aquest bloc se'l denomina "BLOC_METEO" i la finestra principal queda de la següent forma.

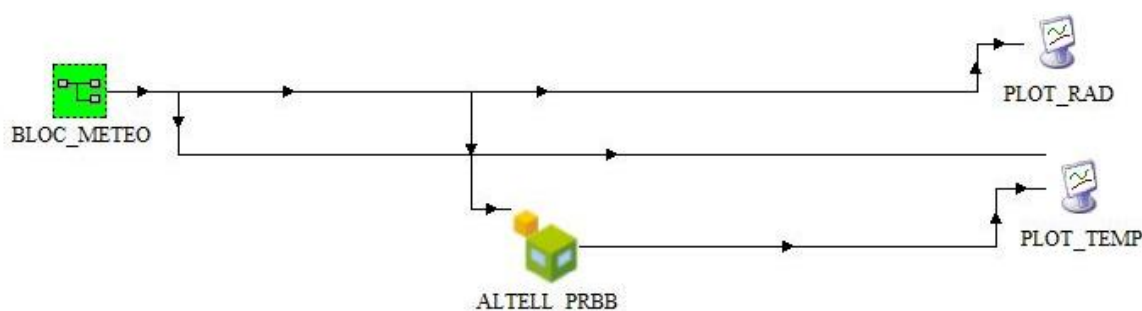


Figura 4.31. Components inicials del projecte de l'altell del PRBB. (Font: Pròpia)

4.3.1. Dades meteorològiques

Conté tots aquells components relacionats amb la climatologia que afecta la zona estudiada i s'engloba dintre un bloc on s'hi situen els següents elements:

- TEMPS_BCN

Aquest component genera dades meteorològiques per hora donats els valors mitjans mensuals de la radiació solar, temperatura, humitat i velocitat del vent. Les dades es generen de tal manera que les seves estadístiques associades són aproximadament iguals a les estadístiques a llarg termini a la ubicació especificada. El resultat d'aquest component és el de generar un any de dades típiques, similar a un any meteorològic típic.

En el cas del present projecte però, s'ha utilitzat un fitxer extern amb les dades meteorològiques de Barcelona⁷ durant el 2017. Aquest fitxer, proporcionat per l'IREC, conté totes les dades necessàries que s'ha dit anteriorment i ofereix un any típic per poder realitzar les simulacions de la forma més precisa possible, ja que

⁷ Dades extretes de l'observatori meteorològic propietat de l'IREC, ubicat a la ronda de Sant Ramon de Penyafor, al barri de Sant Martí. L'observatori és, amb 4 km de distància, el més proper a l'edifici PRBB.

l'observatori de l'IREC (des de on es recullen les dades) és a escassos kilòmetres del centre PRBB.

Per a la continuació de l'explicació del BLOC_METEO, cal aturar-se per explicar un dels elements més importants del Simulation Studio: *Equation*. Aquest component matemàtic (equació en català) és la possibilitat de definir equacions que no estan en altres components. Aquestes equacions poden ser funcions de resultats d'altres components, valors numèrics o equacions prèviament definides. Es poden utilitzar com a entrades a altres components o com a paràmetres, valors inicials d'entrades, etc.

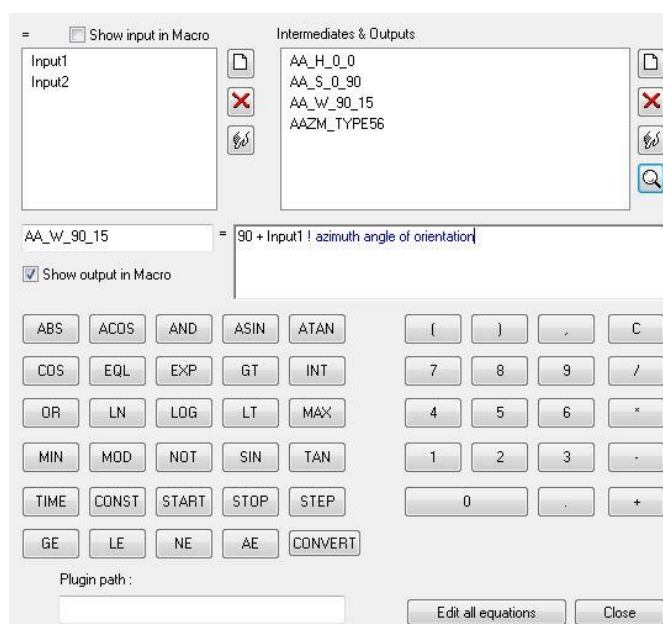


Figura 4.32. Finestra de l'equació ANGLES_AZIMUT. (Font: Pròpia)

Així doncs, un cop s'ha explicat en que consisteix l'element *Equation*, es pot acabar de definir la resta de components del BLOC_METEO.

- CONFIG.
Inclou alguns dels inputs que utilitza l'equació ANGLES_AZIMUT, com ara els angles de rotació de l'edifici o les fraccions d'ombra que rep la zona estudiada. Són valors estàndards que es poden modificar per veure com es comporta una zona estudiada quan li canviï l'angle d'incidència de les radiacions solars.
- RADIACIÓ
És el component que s'encarrega d'ordenar els *inputs* provinents del fitxer *meteo*. Agafa els *outputs* que provenen del fitxer *meteo* i els ordena i els especifica amb una nomenclatura concreta.
- ANGLES_AZIMUT

Transforma els *inputs* de les radiacions seguint el procediment de transformar els seus angles d'incidència amb angles azimuths.

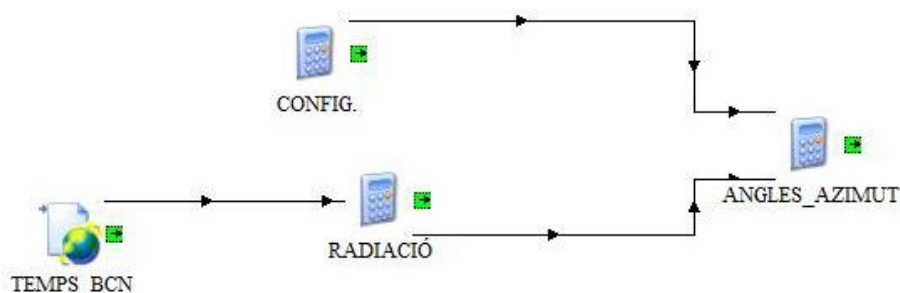


Figura 4.33. Components inclosos dintre el BLOC_METEO. (Font: Pròpia)

En resum, aquest bloc inclou el fitxer *meteo* que s'utilitzarà per determinar les condicions climàtiques de la zona i les radiacions que incideixen a la citada zona en funció de l'angle d'incidència. A continuació es mostra una taula que fa referència als inputs i als outputs que conté el BLOC_METEO.

Inputs	Definició	Outputs	Definició
<i>Weather_ES_Bcn</i>	Fitxer extern amb la climatologia de la zona	<i>T_AMB</i>	Temperatura ambient de Barcelona
		<i>H_AMB_REL</i>	Humitat relativa de Barcelona

Taula 4.9. Entrades i sortides del BLOC_METEO. (Font: Pròpia)

4.3.2. Type 56: Altell PRBB

Aquest component és l'expressió gràfica de la zona que s'estudia en el projecte i per tant, el component que conté tota la informació que s'ha detallat en el TRNSYS 3D i el TRNBuild. De fet, és des de on l'usuari accedeix a l'eina TRNBuild. D'aquesta manera, Simulation Studio està relacionat directament amb TRNBuild, de forma que a mesura que es va modificant els paràmetres constructius de l'edifici (en aquest cas l'altell del PRBB), es va actualitzant els continguts del component denominat ALTELL_PRBB.

El component doncs, modelitza el comportament tèrmic d'un edifici amb múltiples zones termals. El component ALTELL_PRBB rep uns *inputs* determinats com ara temperatures, humitats o radiacions solars, i estudia el comportament de la zona envers aquestes condicions. Tot seguit, elabora una sèrie d'*outputs* per tal de que la simulació sigui constant i per tant, es pugui reproduir *in-time*.

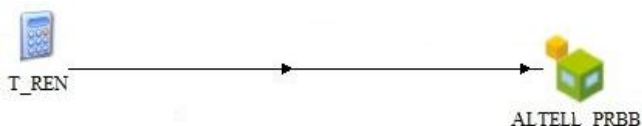
Inputs	Definició	Outputs	Definició
<i>T_REN</i>	Temperatura de renovació del	<i>TAIR_MICROSCOPIA</i>	Temperatura de la zona de microscòpia

passadís			
T_{AMB}	Temperatura ambient Barcelona	$TAIR_{SAS}$	Temperatura del SAS
H_{AMB_REL}	Humitat relativa Barcelona	$TAIR_{SALA_CULTIUS}$	Temperatura de la sala de cultius
$AZEN$	Angle zenit solar	$ABSHUM_{SAS}$	Humitat absoluta del SAS
$AAZM$	Angle azimuth solar	$ABSHUM_{SALA_CULTIUS}$	Humitat absoluta de la sala de cultius
$VENT_T_S2$	Temperatura de l'aire d'impulsió de la sala de cultius		
$VENT_T_SAS$	Temperatura de l'aire d'impulsió del SAS		
$VENT_HR_S2$	Humitat relativa de l'aire d'impulsió de la sala de cultius		
$VENT_HR_SAS$	Humitat relativa de l'aire d'impulsió del SAS		

Taula 4.10. Entrades i sortides del component ALTELL_PRBB. (Font: Pròpia)

Aquest element és per tant, dels més importants de tota la simulació, ja que conté tota la informació de l'edifici. A la taula anterior es pot veure resumides totes les entrades i les sortides que té. Els outputs són les temperatures i les humitats de les zones estudiades. Els inputs són temperatures i humitats de l'aire d'impulsió de les diferents zones (que es descriurà més endavant), les condicions climàtiques de Barcelona i les relacions d'orientació de l'edifici respecte les radiacions solars. No s'inclouen sortides destinades a les impressions, que es descriuran més endavant.

A més, com es pot veure existeix un *input* denominat T_{REN} que és la temperatura de renovació d'aire del passadís. El passadís conté un climatitzador que distribueix mitjançant llargs conductes aire primari per tal de mantenir les zones comunes a unes condicions estables per els treballadors del parc. Es fixa una temperatura constant de renovació de 18 °C que es relacionarà amb les 4 renovacions hora fixades anteriorment amb el TRNBuild. Aquesta temperatura prové d'un component *equation* on només conté aquest valor. Es podria escriure aquest valor com a constant directament, però la creació del component *equation* permetrà, més endavant, poder realitzar altres simulacions variant el contingut d'aquest.

Figura 4.34. Relació entre els components T_{REN} i ALTELL_PRBB. (Font: Pròpia)

A més, cal afegir que les entrades i sortides especificades a la taula Taula 4.10. **Entrades i sortides del component ALTELL_PRBB. (Font: Pròpia)** són aquelles que venen determinades per altres components, és a dir que són variables amb el temps o que estan definides en funció d'altres elements del sistema. Els cabals d'aire, com han de ser constants per mantenir un nivell estable de renovacions hora, s'inclouen al component ALTELL_PRBB en forma de constant.

<i>Inputs</i>	<i>Definició</i>	<i>Valor</i>
VENT_S2	Cabal d'aire d'impulsió de la sala de cultius	1515,58 Kg/h
VENT_SAS	Cabal d'aire d'impulsió del SAS	195,56 Kg/h

Taula 4.11. Valors dels *inputs* cabals d'impulsió. (Font: Pròpia)

4.3.3. Type 11: Mesclador de cabals

4.3.3.1. T_INTERIOR

La sala de cultius i la zona de neteja (SAS) comparteixen unitat de tractament d'aire (UTA). Tal i com es pot veure a l'esquema de principi a l'annex (plànol E-01), el mateix climatitzador alimenta les dos sales en paral·lel. Això comporta una distribució de cabal i al mateix temps, una distribució de la temperatura de impulsió. Aquest comportament també afecta a la humitat.

De la mateixa manera, el retorn (o extracció d'aire de les sales) també ve determinat per les condicions de cada sala. No és el mateix la sala de cultius, amb una ocupació de 3 persones i la maquinària funcionant el 100% que el SAS de 4 m² amb tant sols una reixa d'impulsió d'aire. TRNBuild ja detecta les diferents superfícies de la zona i en funció del cabal d'entrada que l'usuari determina, ja realitza el balanç de temperatures correctament. En canvi en el retorn, s'ha de realitzar un balanç de temperatures en funció del cabal d'extracció de les sales.

Per aquest motiu, s'utilitza un component específic de la biblioteca de Simulation Studio, que simularà aquesta "unió" de conductes d'aire provinents de la sala de cultius i del SAS. El component s'anomena *Type 11* i té deu mètodes de funcionament. Les primeres 5 configuracions són per a fluids amb només una propietat important, com ara la temperatura. Les configuracions de la 6 a la 10 són per a fluids, com l'aire humit, amb dues propietats importants, com la temperatura i la humitat.

Per aquest motiu es decideix triar aquest component amb mode número 8, que és capaç de modelar un mesclador de flux controlat en què es combinen dues transmissions d'aire d'entrada. Això es realitza d'acord amb un a funció de control calculada internament per obtenir la temperatura de sortida mixta o de mescla. Aquest component passarà a anomenar-se T_INTERIOR

A continuació es descriuen els enllaços que s'han realitzat per definir les entrades i les sortides del component T_INTERIOR:

Inputs	Definició	Outputs	Definició
TAIR_SAS	Temperatura del SAS	T_INT	Temperatura resultant interior
TAIR_SALA_CULTIUS	Temperatura de la sala de cultius	H_INT	Humitat resultant interior
ABSHUM_SAS	Humitat absoluta del SAS		
ABSHUM_SALA_CULTIUS	Humitat absoluta de la sala de cultius		

Taula 4.12. Entrades i sortides del component T_INTERIOR. (Font: Pròpia)

Com en el cas anterior, els cabals d'aire s'inclouen com a constants. S'obre el component T_INTERIOR i s'afegeix els valors de cabal d'extracció de les dos zones: la sala de cultius i la del SAS. Cal ser curós amb la relació d'entrades i sortides i definir correctament les característiques del node 1 (el SAS) i el node 2 (la sala de cultius) perquè el balanç es faci correctament.

Inputs	Definició	Valor
Q_EXT_S2	Cabal d'aire d'extracció de la sala de cultius	1417,8 Kg/h
Q_EXT_SAS	Cabal d'aire d'extracció del SAS	391,12 Kg/h

Taula 4.13. Valors dels cabals d'extracció d'aire. (Font: Pròpia)

Internament el component realitza una operació matemàtica que calcula les sortides (temperatura, humitat absoluta i cabal d'aire) en funció d'un balanç termodinàmic de les entrades. A continuació es mostra la descripció matemàtica que realitza el component i la seva relació amb les entrades i sortides.

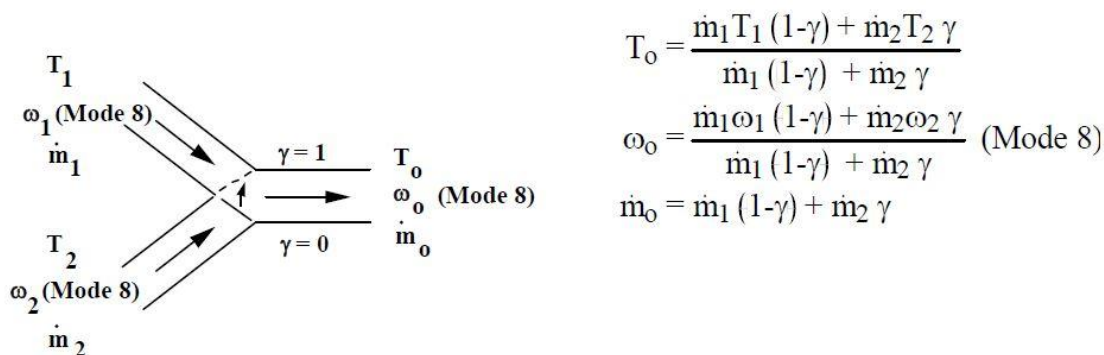


Figura 4.35. Esquema de funcionament i fórmules del component Type11. (Font: TRNSYS)

D'on:

\dot{m}_0	cabal màssic del fluid de sortida
\dot{m}_1	cabal màssic del fluid d'entrada 1
\dot{m}_2	cabal màssic del fluid d'entrada 2
T_0	Temperatura del fluid de sortida
T_1	Temperatura del fluid d'entrada 1
T_2	Temperatura del fluid d'entrada 2
Ω_0	Rati d'humitat al fluid de sortida
Ω_1	Rati d'humitat al fluid d'entrada 1
Ω_2	Rati d'humitat al fluid d'entrada 2
Υ	Funció de control (valor entre 0 i 1)

Com es veu a la imatge anterior, una dels *outputs* possibles és el cabal d'aire de sortida. Com s'ha establert que els cabals seran un *input* constant al llarg de tota la parametrització del sistema, no es té en compte la sortida de cabal. Per simplificar-ho, es pot resumir la figura anterior amb un esquema més pràctic a nivell conceptual:

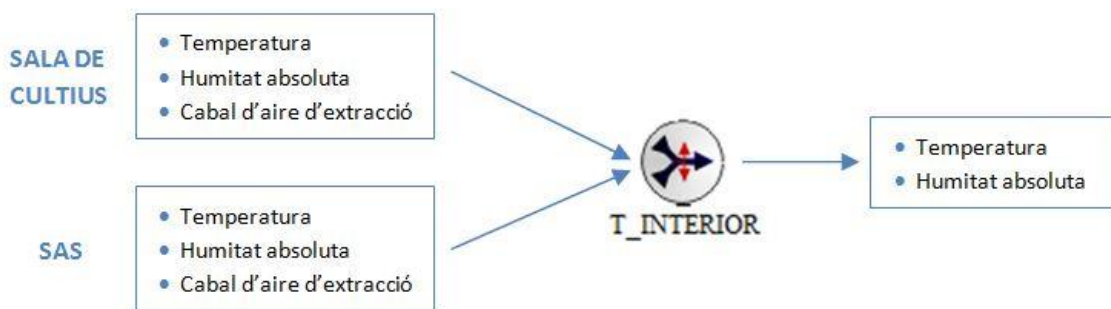


Figura 4.36. Esquema simplificat amb les entrades i les sortides del component T_INTERIOR. (Font: Pròpia)

4.3.3.2. T_MESCLA

Un altre component de la caracterització del projecte és el que s'ha anomenat T_MESCLA. Aquest element utilitza el mateix *Type 11* que s'ha descrit anteriorment i per tant, fa servir les mateixes operacions matemàtiques per relacionar les entrades que disposa per obtenir les sortides desitjades.

El climatitzador que s'està descrivint en el present apartat, conté dos entrades d'aportació d'aire: una que és el retorn d'aire de la mateixa zona i una altre que és aportació d'aire exterior. Aquesta aportació d'aire exterior, tal com es veurà més endavant, pot tenir consideració en la temperatura de mescla, però bàsicament serveix per tenir unes renovacions d'aire "fresc" a la zona provinents del medi natural.

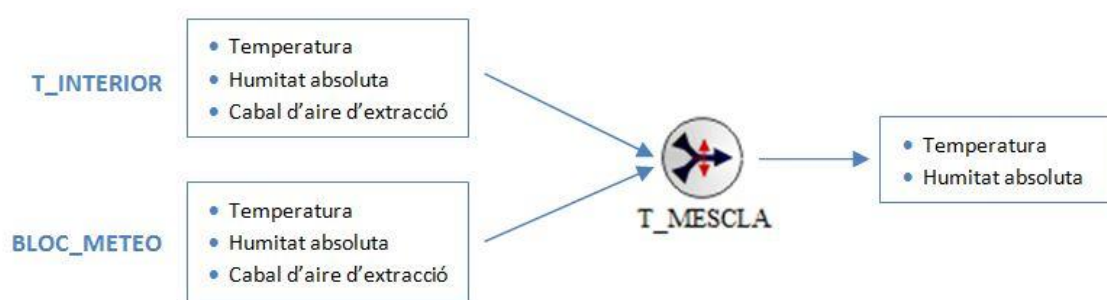


Figura 4.37. Esquema simplificat amb les entrades i les sortides del component T_MESCLA. (Font: Pròpia)

Així doncs, s'ha de tornar a realitzar el mateix procediment que a l'apartat anterior, ja que altre cop es té un nou balanç de fluxos tèrmics. Per entendre correctament el funcionament del climatitzador, es recomana accedir a l'apartat d'annexos on es detalla un esquema de principi d'aquesta unitat HVAC.

Els enllaços i les connexions que s'han establert segueixen la mateixa dinàmica que en el cas anterior. En aquest cas però, el balanç es realitza entre les condicions climàtiques exteriors (de la ciutat de Barcelona) i les condicions de sortida que s'han obtingut amb l'anterior component T_INTERIOR.

<i>Inputs</i>	<i>Definició</i>	<i>Outputs</i>	<i>Definició</i>
T_{INT}	Temperatura resultant interior	T_{MES}	Temperatura de la mescla
T_{AMB}	Temperatura ambient Barcelona	H_{MES_ABS}	Humitat absoluta de la mescla
H_{INT}	Humitat resultant interior		
H_{AMB_ABS}	Humitat relativa ambient Barcelona		

Taula 4.14. Entrades i sortides del component T_MESCLA. (Font: Pròpia)

De la mateixa manera que abans, el component conté unes entrades constants que equivalen al cabal d'aire circulat per cada node. En primer lloc i en menor proporció, existeix l'aportació d'aire exterior, per tal d'obtenir unes renovacions de l'aire circulat que permeti reciclar l'aire constantment. Aquesta aportació equival a un 12,34 % del total de l'aire expulsat i encara que sembli un valor relativament baix, més endavant es veurà quin impacte té en la simulació.

En canvi, el 87,66 % de l'aire que circula per el climatitzador prové de l'altre entrada del component T_MESCLA, que equival a l'aire d'extracció de la zona. Es tracte de l'aire recirculat que per la seva alta densitat cal ser renovat periòdicament mitjançant l'aportació d'aire exterior.

<i>Inputs</i>	<i>Definició</i>	<i>Valor</i>
Q_{AMB}	Cabal d'aire d'aportació exterior	211,2 Kg/h
Q_{EXT_INT}	Cabal d'aire d'extracció de l'interior	1499,94 Kg/h

Taula 4.15. Valors dels cabals d'aportació al climatitzador. (Font: Pròpia)

4.3.4. Type 33: Diagrames psicomètrics

L'anterior component, el T_MESCLA, llança un valor de sortida per la humitat absoluta que conté l'aire que entra al climatitzador. Més endavant, es veurà com en altres elements, es necessitarà saber el valor d'aquesta humitat però en comptes d'unitats de Kg de vapor d'aigua/ Kg d'aire sec, es necessitarà tenir la humitat relativa, en percentatge (tant per cent %).

Per aquest motiu, s'afegeix a l'*Assembly Panel* un nou component: *Type 33*. Aquest element pren com a entrada la temperatura "seca" i la humitat absoluta i busca dintre la biblioteca de *TRNSYS Psychrometrics*, per retornar en forma d'*output* les següents propietats hídriques: temperatura de l'aire sec, temperatura del punt de rosada, temperatura de l'aire humit, humitat relativa, relació d'humitat absoluta i la entalpia.

D'aquesta manera, aquest element, denominat PROP_AIRE, ens serveix per obtenir la humitat relativa de la mescla en funció de la humitat absoluta d'aquesta. A continuació es detalla les entrades i les sortides utilitzades en el component *Type 33*.

<i>Inputs</i>	<i>Definició</i>	<i>Outputs</i>	<i>Definició</i>
T_{MES}	Temperatura de la mescla	T_{MES}	Temperatura de la mescla
H_{MES_ABS}	Humitat absoluta de la mescla	H_{MES_REL}	Humitat relativa de la mescla

Taula 4.16. Entrades i sortides del component PROP_AIRE. (Font: Pròpia)

4.3.5. Type 2: Controladors diferencials

El funcionament d'un climatitzador es basa en fer passar un determinat cabal d'aire, per uns serpentins o bateries d'aigua per tal d'escalfar o refredar, l'aire que impulsarà la turbina de la UTA. Les bateries habitualment, solen ser 2 unitats: una que refreda i una altre que escalfa. Per dins hi circula normalment aigua, que segons la bateria que sigui, estarà a menys temperatura o més. L'aire, en entrar en contacte amb els serpentins, s'escalfa o es refreda.

Aquest escalfament o refredament ve definit en major part per el cabal i la temperatura de l'aigua que circula per aquestes bateries. Aquesta aigua, habitualment és regulada per unes vàlvules motoritzades, de manera que la temperatura i el cabal d'aquesta, és proporcional a les necessitats que senyalen els termòstats o els elements de control.

El sistema *Scada* de l'edifici, gestionat per *TREND*, contempla aquest procés de control en el seu programari i mitjançant com es deia, uns termòstats i unes vàlvules motoritzades, controla el cabal circulant de les bateries. D'aquesta manera, si la zona a climatitzar necessita d'aire fred (ja que la temperatura és elevada), obrirà la vàlvula d'aigua freda perquè passi per la bateria de fred i l'aire que la travessa, es refredi. De la mateixa manera funciona la vàlvula de calor.

Aquest funcionament és la base del control de la climatització d'un edifici i es podria afirmar que és la part més important de control del projecte. És per això que en el present projecte es busca simular aquest control de les vàlvules com ja fa el programa *Scada*. De l'extensa biblioteca del Simulation Studio es treu un dels components més utilitzats. Es tracta d'un control diferencial que farà la mateixa funció que els servomotors situats a les vàlvules reguladores de caudal: el *Type 2*.

4.3.5.1. Funcionament termòstat diferencial

Aquest controlador diferencial *on/off* genera una funció de control que pot tenir un valor de 1 o 0. El valor de la senyal de control es tria en funció de la diferència de temperatures entre una temperatura superior (T_h) i una inferior (T_i), comparant-les amb les dos diferències de temperatura de la zona morta⁸. El nou valor de la funció de control depèn sempre del valor de la funció de control d'entrada en el *timestep* anterior. (7)

En mode refrigeració:

- S'estableix una temperatura de *setpoint*, que és la temperatura desitjada a la sala. Aquest valor se l'anomena T_{lower} .
- Es defineix la temperatura real de la sala en funció del temps com a T_{higher} .
- S'estableix els graus de temperatura de zona morta que es desitgi, tant per sobre com per sota del *setpoint*. Aquests valors es diran ΔT_{higher} i ΔT_{lower}

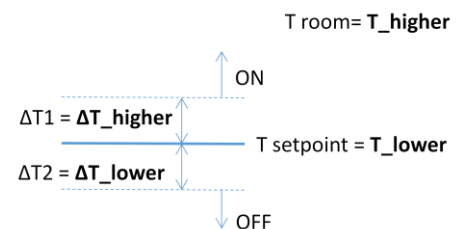


Figura 4.38. Inputs termòstat diferencial en mode refrigeració. (Font: Pròpia)

⁸ Una zona morta és una zona de valors en una funció de transferència en un sistema de control on la sortida és zero. S'utilitzen per prevenir l'oscil·lació o els cicles repetits d'activació - desactivació.

respectivament.

D'aquesta manera, el funcionament del termòstat en mode refrigeració és el següent:

- El termòstat s'enega (ON) quan el termòstat està en OFF i la temperatura real de la sala (T_{higher}) és més gran que la temperatura de consigna (T_{lower}) més els graus establerts de zona morta superior ΔT_{higher} ($\Delta T1$).
- El termòstat s'apaga (OFF) quan el termòstat està en ON i la temperatura real de la sala (T_{higher}) és més petita que la temperatura de consigna (T_{lower}) menys els graus establerts de zona morta inferior ΔT_{lower} ($\Delta T2$).

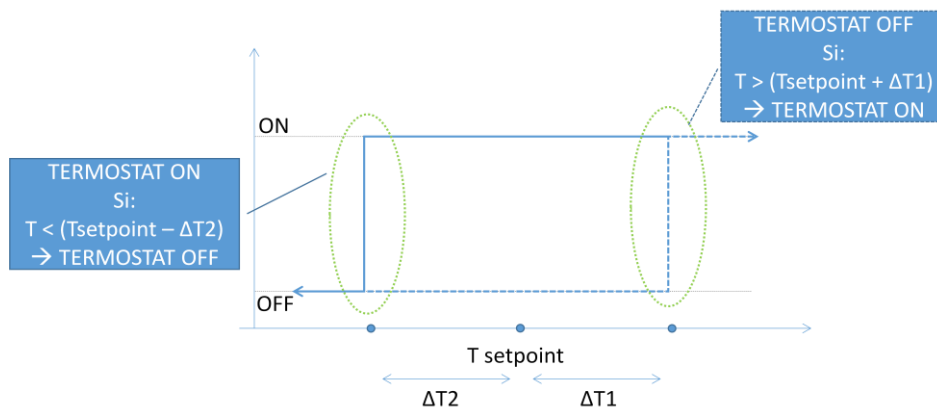


Figura 4.39. Diagrama de funcionament del termòstat diferencial en mode refrigeració. (Font: Pròpia)

En mode calefacció:

- S'estableix una temperatura de *setpoint*, que és la temperatura desitjada a la sala. Aquest valor se l'anomena T_{higher} .
- Es defineix la temperatura real de la sala en funció del temps com a T_{lower} .
- S'estableix els graus de temperatura de zona morta que es desitgi, tant per sobre com per sota del *setpoint*. Aquests valors es diran ΔT_{lower} i Δt_{higher} respectivament.

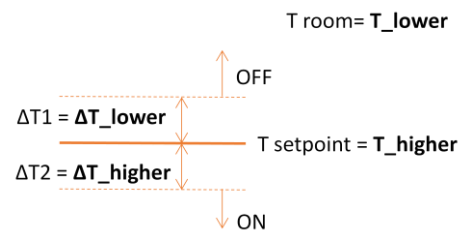


Figura 4.40. Inputs termòstat diferencial en mode calefacció. (Font: Pròpia)

D'aquesta manera, el funcionament del termòstat en mode calefacció és el següent:

- El termòstat s'enega (ON) quan el termòstat està en OFF i la temperatura real de la sala (T_{lower}) és més petita que la temperatura de consigna (T_{higher}) menys els graus establerts de zona morta superior ΔT_{higher} ($\Delta T2$).

- El termòstat s'apaga (OFF) quan el termòstat està en ON i la temperatura real de la sala (T_{lower}) és més gran que la temperatura de consigna (T_{higher}) més els graus establerts de zona morta inferior ΔT_{lower} (ΔT_2).

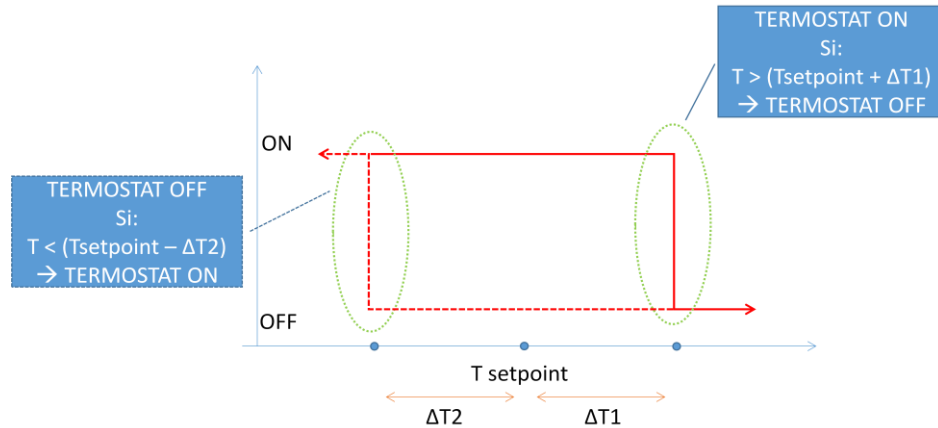


Figura 4.41. Diagrama de funcionament del termòstat diferencial en mode calefacció. (Font: Pròpia)

4.3.5.2. Descripció matemàtica

A continuació, es detallaran les funcions matemàtiques que conté el component diferencial que simula el termòstat. S'observa que el component s'utilitzarà el mateix però simplement s'intercanviaran els paràmetres d'entrada entre el mode en refrigeració i el mode en calefacció.

En mode refrigeració:

- Quan el controlador ja està en ON ($\gamma_i = 1$)

$$T_{higher} < (T_{lower} - \Delta T_{lower}) \rightarrow \gamma_0 = 0 \quad (\text{Eq. 4.1})$$

$$T_{higher} \geq (T_{lower} - \Delta T_{lower}) \rightarrow \gamma_0 = 1 \quad (\text{Eq. 4.2})$$

- Quan el controlador ja està en OFF ($\gamma_i = 0$)

$$T_{higher} \geq (T_{lower} + \Delta T_{higher}) \rightarrow \gamma_0 = 1 \quad (\text{Eq. 4.3})$$

$$T_{higher} < (T_{lower} + \Delta T_{higher}) \rightarrow \gamma_0 = 0 \quad (\text{Eq. 4.4})$$

D'on:

T_{higher}	Temperatura real de la sala [°C]
T_{lower}	Temperatura de consigna o <i>setpoint</i> [°C]
ΔT_{lower}	Zona morta inferior [°C]

ΔT_{higher}	Zona morta superior [°C]
γ_i	Input de la funció de control [0..1]
γ_o	Output de la funció de control [0..1]

En mode calefacció:

- Quan el controlador ja està en ON ($\gamma_i = 1$)

$$T_{lower} > (T_{higher} + \Delta T_{lower}) \rightarrow \gamma_o = 0 \quad (\text{Eq. 4.5})$$

$$T_{lower} \leq (T_{higher} + \Delta T_{lower}) \rightarrow \gamma_o = 1 \quad (\text{Eq. 4.6})$$

- Quan el controlador ja està en OFF ($\gamma_i = 0$)

$$T_{lower} \leq (T_{higher} - \Delta T_{higher}) \rightarrow \gamma_o = 1 \quad (\text{Eq. 4.7})$$

$$T_{lower} > (T_{higher} - \Delta T_{higher}) \rightarrow \gamma_o = 0 \quad (\text{Eq. 4.8})$$

D'on:

T_{lower}	Temperatura real de la sala [°C]
T_{higher}	Temperatura de consigna o <i>setpoint</i> [°C]
ΔT_{higher}	Zona morta inferior [°C]
ΔT_{lower}	Zona morta superior [°C]
γ_i	Input de la funció de control [0..1]
γ_o	Output de la funció de control [0..1]

4.3.5.3. VAL_FRED

Tot seguit es procedeix a introduir els paràmetres necessaris al controlador diferencial per tal que executi el control correctament. Es comença per definir la vàlvula de fred on es demana el nombre d'oscil·lacions de control permeses en un *timestep* abans que el controlador s'encalli i no pugui resoldre els càlculs. Per defecte TRNSYS recomana 5 oscil·lacions i es deixa així per realitzar la primera simulació.

A més, ens pregunten quins marges de temps es vol tenir perquè el controlador s'estigui a la mateixa posició (ON o OFF). Aquest paràmetre serveix per estipular que el controlador no vagi obrint i tancant cada mil·lèsima de segon i donar-li un marge de temps per ordenar-li que es mantingui en ON o en OFF. La definició dels paràmetres de la vàlvula de fred queda de la següent forma:

Nom	Valor	Unitat
<i>No. of oscillations</i>	5	-
<i>Minimum run-time</i>	0,1	Hores
<i>Minimum reset-time</i>	0,1	Hores

Taula 4.17. Paràmetres inicials VAL_FRED. (Font: Pròpia)

Com ja s'ha explicat anteriorment, Simulation Studio ofereix dos possibilitats per l'entrada de valors a un component (*inputs*): mitjançant enllaços per obtenir un *input* provinent d'un *output* d'un altre component o bé entrant el valor manualment com a una constant. La taula següent defineix el primer cas, en que les entrades i les sortides estan connectades a un altre component.

Nº Input	Inputs	Definició	Outputs	Definició
1	T_INT	Temperatura resultant interior	S_FRED	Senyal de control de sortida

Taula 4.18. Entrades i sortides del component VAL_FRED. (Font: Pròpia)

Com es pot veure, l'entrada d'informació al component és la temperatura que s'ha calculat anteriorment, al component T_INTERIOR. Es tracta de la temperatura de les sales, la denominada temperatura de retorn. És la temperatura que s'escull per portar el control de la climatització i la referència per contrastar-la amb la temperatura de consigna. La sortida és una senyal 1 (si el controlador està ON) o 0 (si el controlador està en OFF).

Per altra banda, la taula següent descriu els *inputs* que s'han entrat manualment, com una constant, com són la temperatura de consigna o els valors de zona morta:

Nº Input	Inputs	Definició	Valor
2	T_lower	Temperatura de consigna o <i>setpoint</i> [°C]	23 °C
5	ΔT_{lower}	Zona morta inferior [°C]	-1 °C
6	ΔT_{higher}	Zona morta superior [°C]	1 °C

Taula 4.19. Valors de les entrades manuals de la VAL_FRED. (Font: Pròpia)

Aquest controlador diferencial (*Type 2*) ofereix a més, una altre funció que per aquesta simulació no es té en compte. Es tracta d'una temperatura llindar o màxima, que quan es sobrepassa, la senyal del controlador es desactivarà (OFF) i es mantindrà apagat fins que la temperatura estigui per sota

aquesta temperatura de tall. Aquest funció, s'activa enllaçant un *input* a l'entrada 3 (*Monitoring temperature Tin*) i indicant quina temperatura és la llindar a l'entrada número 4 (*High limit cut-out*).

A més ofereix una setena entrada que també s'ha d'enllaçar amb algun altre component, de forma que si aquest li envia una senyal més gran de 0,5 el controlador es desactivarà automàticament (OFF).

	Name	Value	Unit	More	Macro
1	Upper input temperature Th	23	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Lower input temperature TI	22	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Monitoring temperature Tin	20.0	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
4	High limit cut-out	100.0	C	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Upper dead band dT	1	deltaC	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Lower dead band dT	1	deltaC	More...	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Lock-out control signal	0	-	More...	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 4.42. Entrades (*inputs*) del component VAL_FRED. (Font: Pròpia)

4.3.5.4. VAL_CALOR

El mateix procediment s'ha de seguir per definir els paràmetres necessaris al controlador diferencial que simula la vàlvula de calor. En aquest cas també es demana el nombre d'oscil·lacions i els temps mínims de funcionament de la senyal. Seguint el mateix criteri que en la vàlvula de fred, s'afegeixen els mateixos valors per la vàlvula de calor.

Nom	Valor	Unitat
<i>No. of oscillations</i>	5	-
<i>Minimum run-time</i>	0,1	Hores
<i>Minimum reset-time</i>	0,1	Hores

Taula 4.20. Paràmetres inicials VAL_CALOR. (Font: Pròpia)

Ahora, seguint també els mateixos passos que en l'apartat anterior, s'enllacen les entrades i les sortides corresponents. L'entrada T_{INT} torna a ser la temperatura interior de la zona i la sortida S_{CALOR} la senyal 1 o 0 com a resultat del controlador.

Nº Input	Inputs	Definició	Outputs	Definició
2	T_{INT}	Temperatura resultant interior	S_{CALOR}	Senyal de control de sortida

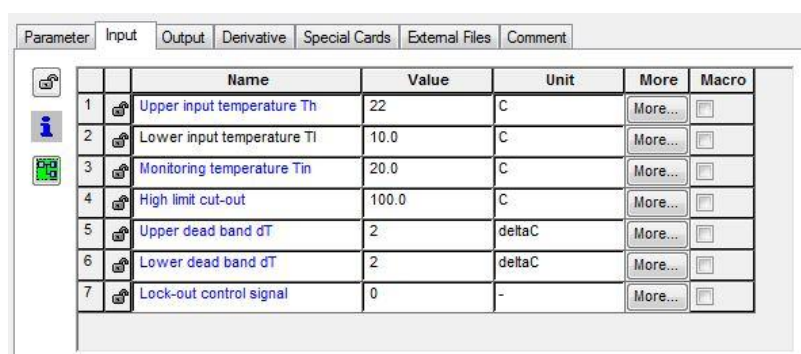
Taula 4.21. Entrades i sortides del component VAL_CALOR. (Font: Pròpia)

Per definir els *inputs* entrats manualment, s'ha d'estar atent perquè al utilitzar el mateix component per fred i calor, els paràmetres en l'últim cas s'intercanvien. Es tracte d'una qüestió de límits superiors i inferiors i per tant, la nomenclatura en aquest cas és just la inversa que en el cas del fred. La següent taula mostra aquests *inputs* de la forma correcta per la vàlvula de calor.

Nº Input	Inputs	Definició	Valor
1	T_higher	Temperatura de consigna o <i>setpoint</i> [°C]	22 °C
5	ΔT_higher	Zona morta inferior [°C]	1 °C
6	ΔT_lower	Zona morta superior [°C]	-1 °C

Taula 4.22. Valors del les entrades manuals de la VAL_CALOR. (Font: Pròpia)

Com es tracte del mateix controlador, també ofereix les sortides descrites anteriorment per el fred. De totes formes, tampoc s'utilitzaran en aquest projecte per el calor i per tant, si no es defineix cap entrada, no formaran part de la simulació.



	Name	Value	Unit	More	Macro
1	Upper input temperature Th	22	C	More...	<input type="checkbox"/>
2	Lower input temperature Tl	10.0	C	More...	<input type="checkbox"/>
3	Monitoring temperature Tin	20.0	C	More...	<input type="checkbox"/>
4	High limit cut-out	100.0	C	More...	<input type="checkbox"/>
5	Upper dead band dT	2	deltaC	More...	<input type="checkbox"/>
6	Lower dead band dT	2	deltaC	More...	<input type="checkbox"/>
7	Lock-out control signal	0	-	More...	<input type="checkbox"/>

Figura 4.43. Entrades (*inputs*) del component VAL_CALOR. (Font: Pròpia)

4.3.5.5. Equation: Cabal d'aigua de les bateries

En l'anterior apartat s'ha definit els components que actuen com a vàlvules reguladores de cabal de l'aigua calenta i l'aigua freda. Aquests components només treuen sortides en valor binari (1 o 0) en funció de la senyal, és ON o OFF. Així doncs, ha d'haver-hi un component que transformi aquesta sortida binària amb un valor de cabal màssic d'aigua. D'aquesta manera, es podrà enllaçar a les entrades de les bateries, un valor numèric que representarà el cabal de l'aigua circulant per les bateries.

Matemàticament parlant, s'entén que aquest procediment es pot simplificar amb unes equacions molt senzilles. En elles, l'*output* de les vàlvules es multiplicarà per el cabal nominal de la bateria. D'aquesta forma, quan l'*output* sigui 1 (que la vàlvula està oberta), es multiplicarà aquest 1 amb el

caudal i el resultat serà la totalitat d'aquest (100% cabal circulant). Quan l'*output* sigui 0 en canvi, el resultat de la multiplicació serà 0 i no hi haurà cabal circulant per la bateria.

$$\dot{m}_{\text{valv_fred}} = \dot{m}_{\text{bateria_fred}} \times S_{\text{FRED}} \quad (\text{Eq. 4.9})$$

$$\dot{m}_{\text{valv_calor}} = \dot{m}_{\text{bateria_calor}} \times S_{\text{CALOR}} \quad (\text{Eq. 4.10})$$

És per això doncs, que es decideix afegir un altre component que ja s'ha explicat anteriorment: l'*equation*. En aquest cas s'inclouran les expressions anteriors adaptades amb la nomenclatura establerta al Simulation Studio.

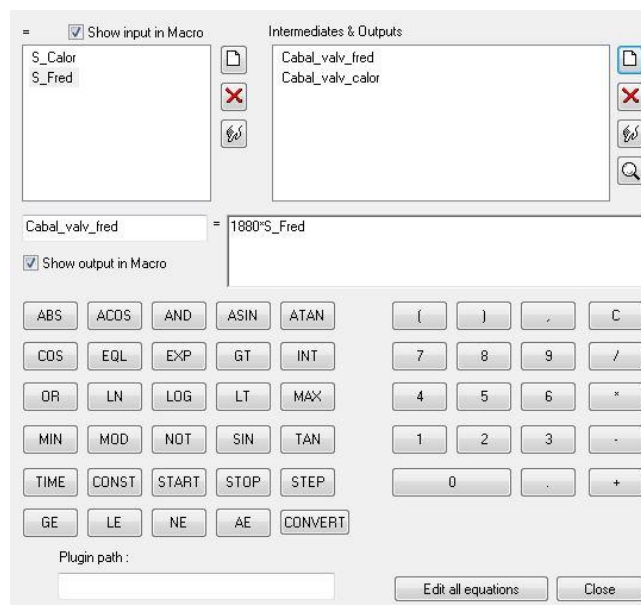


Figura 4.44. Finestra del component d'equacions CABAL_BATERIES. (Font: Pròpia)

Els cabals d'aigua que s'han utilitzat, en kg/h són els següents:

Nom	Q [m³/h]	m [kg/h]
Cabal d'aigua bateria de fred	1,88	1880
Cabal d'aigua bateria de calor	0,45	450

Taula 4.23. Cabals d'aigua nominals circulants per les bateries. (Font: Pròpia)

Així doncs, un cop definides les equacions només falta enllaçar les entrades i les sortides del component. Les entrades són les senyals de les vàlvules definides en el capítol anterior i les sortides seran el cabal que entrarà a cada una de les bateries.

Inputs	Definició	Outputs	Definició
<i>S_Fred</i>	Senyal de sortida de la vàlvula de fred	<i>Cabal_valv_fred</i>	Cabal de la vàlvula de fred
<i>S_Calor</i>	Senyal de sortida de la vàlvula de calor	<i>Cabal_valv_calor</i>	Cabal de la vàlvula de calor

Taula 4.24. Entrades i sortides del component CABAL_BATERIES. (Font: Pròpia)

4.3.6. Type 753: Bateria de calor i Type 508: Bateria de fred

Finalment l'últim element a dissenyar del projecte són les bateries de fred i de calor que contenen el climatitzador. Les bateries (altrament dit intercanviadors) són serpentins formats per tubs de coure i aletes d'alumini per els quals hi circula habitualment aigua. Les bateries poden ser de refrigeració o de calefacció en funció de la temperatura de l'aigua que s'hi subministra.

La turbina del climatitzador fa circular aire per l'interior d'aquest i travessa les bateries de fred i de calor. En funció del caudal de l'aigua de les bateries i la temperatura d'aquesta existeix una transferència de calor per convecció que comporta un aportació o disminució de temperatura a l'aire impulsat a la sala.

Aquest procediment es basa en càlculs de transferència de calor mitjançant les equacions de les lleis de la termodinàmica. En la realitat, si es volgués observar el comportament de un climatitzador envers la potència de les bateries portaria a un procés iteratiu molt extens i complicat. En canvi, Simulation Studio ofereix als usuaris components que simulen aquests intercanviadors tèrmics, amb unes entrades i unes sortides determinades.

A continuació es detallaran els dos components escollits per la elaboració de les bateries i s'explicarà el seu funcionament, així com les diferents variacions que ofereixen els complements.

4.3.6.1. Bateria de fred

Existeixen diferents components dins de les biblioteques de TRNSYS que poden simular una bateria de fred, cada una amb les seves característiques. L'escollida per aquest projecte és el model *Type 508*. Aquest component modela una bateria de refrigeració utilitzant una fracció de *by-pass*⁹ en el qual l'usuari especifica la fracció d'aire que passa per la bateria. A més, quan la bateria es refreda,

⁹ En el camp de la indústria, un *by-pass* consisteix en una canonada o conducte utilitzat per desviar ocasionalment un líquid o un gas i regular així el seu cabal.

deshumidifica l'aire circulant tant com sigui possible donades les condicions tant de l'aire com de l'aigua que circula per la bateria.

El component internament és capaç de fer circular l'aigua al llarg del serpentí per tal de mantenir la temperatura de l'aire de sortida a una temperatura per sota del màxim especificat per l'usuari, per tal de mantenir la relació d'humitat absoluta de sortida de l'aire superior a un mínim especificat o per mantenir la temperatura de sortida del fluid a un rang desitjat.

En el cas estudiat, el que es busca és mantenir la temperatura de una zona, en aquest cas la sala de cultius i el SAS, a una temperatura desitjada. Per això es fixa una temperatura de consigna de la sala de 23 °C, que és la temperatura desitjada a l'interior de la zona. D'aquesta manera, la bateria de fred el que farà, és rebaixar sempre que calgui la temperatura de la sala gràcies a l'aire que s'impulsa a través del climatitzador.

El funcionament és molt senzill i ja s'ha explicat anteriorment: quan la temperatura sobrepassa el límit de temperatura màxima establert (temperatura de consigna + zona morta), el control ho detecta i ordena a la vàlvula que s'obri. Al obrir la vàlvula circula aigua freda per la bateria, disminuint la temperatura de l'aire que l'entravessa i que s'impulsa a la zona. Aquest aire fa renovar l'existent i fa disminuir el valor de la temperatura fins que es torni a col·locar als marges establerts, on el sistema detecta que la vàlvula s'ha de tornar a tancar.

A aquest component se l'ha denominat BAT_FRED i se li han enllaçat les següents entrades i sortides:

<i>Nº Input</i>	<i>Inputs</i>	<i>Definició</i>	<i>Outputs</i>	<i>Definició</i>
3	<i>T_MES</i>	Temperatura de la mescla	<i>T_BAT_FRED</i>	Temperatura sortida bateria de fred
5	<i>H_MES_REL</i>	Humitat relativa de la mescla	<i>H_BAT_FRED</i>	Humitat sortida bateria de fred
2	<i>Cabal_valv_fred</i>	Cabal de la vàlvula de fred		

Taula 4.25. Entrades i sortides del component BAT_FRED. (Font: Pròpia)

Els *inputs* i *outputs* de la taula anterior són la temperatura i la humitat provinents del component PROP_AIRE (que prové del T_MESCLA) i bàsicament són les característiques de l'aire que entravessa la bateria, que és el resultat de mesclar l'aire que s'extreu de la sala i l'aportació d'aire exterior. A més, també li entrem com a *input* variable el resultat de l'anterior component, de la vàlvula de fred, que indicarà quin cabal circularà per la bateria segons els resultats de les equacions. La sortida, només es té en compte quina serà la temperatura de l'aire que impulsarà i la humitat d'aquest.

A continuació s'afegeixen la resta d'entrades manuals, com ara la temperatura del l'aigua que circula per les bateries, el cabal d'aire o la part de *by-pass* activa.

<i>Nº Input</i>	<i>Inputs</i>	<i>Definició</i>	<i>Valor</i>
1	<i>T_Fluid</i>	Temperatura de l'aigua	20 °C
6	<i>Q_Mescla</i>	Cabal d'aire total	1711.14 Kg/h
7	<i>P_Air</i>	Pressió de l'aire	1 atm
9	<i>Bypass_Fraction</i>	Fracció d'aire que no circula per la bateria	0,3

Taula 4.26. Valors de les entrades manuals de la BAT_FRED. (Font: Pròpia)

S'ha tingut en compte per definir la fracció de *bypass* un coeficient marcat per el fabricant, ja que no tot el 100% de l'aire entra en contacte amb la bateria i s'assumeix aquest valor d'error.

4.3.6.2. Bateria de calor

Un cop indicada la parametrització del component que simularà la bateria de fred, és el torn de la bateria de calor. Com passa en molts elements del Simulation Studio, existeixen diferents variants de components que realitzen més o menys la mateixa funció, però poden variar les entrades i sortides o bé els càlculs interns que realitzen. Un d'aquests casos (com en l'anterior) és la bateria de fred.

Per el present projecte s'escull el *Type 753*, que és un dels components més antics i eficients de la biblioteca de TRNSYS. El funcionament és pràcticament idèntic que l'anterior. De fet, l'únic factor que canvia és la temperatura de l'aigua, ja que per aquest cas òbviament, s'utilitza aigua calenta.

El component també utilitza el factor *by-pass* d'aire, per especificar quina fracció d'aire passa per la bateria. Seguint les especificacions del climatitzador, tot l'aire que entra passa per les bateries, així que aquest camp no es tindrà en compte a la parametrització del component. De la mateixa manera, el component *Type 753* pot operar de 3 formes diferents:

- La bateria funciona en condicions lliures, on les temperatures de l'aire i l'aigua no es controlen.
- La temperatura de l'aire de sortida es controla per estar a la temperatura especificada per l'usuari o per sota d'aquesta.
- La temperatura de l'aigua de sortida es controla per estar a la temperatura mínima especificada per l'usuari o per sobre d'aquesta.

Existeix una altre consideració a tenir en compte i és que quan el dispositiu detecta que no hi ha cabal d'aigua per la bateria (que la vàlvula de calor està tancada), el dispositiu "s'apaga". D'aquesta forma és com funcionarà el component en aquest projecte, ja que cap de les 3 opcions que ofereix el component, és com treballa a la realitat la bateria.

Així doncs, a la realitat la bateria de calor treballa tal i com s'ha detallat per la bateria de fred: es busca mantenir una temperatura "de consigna" a la sala de cultius i el SAS augmentant, sempre que calgui, la temperatura de la sala gràcies a l'aire que s'impulsa a través del climatitzador. Quan la temperatura disminueix del límit fixat, la vàlvula de calor s'obra fent circular aigua calenta per la bateria, que és entravessada per un caudal d'aire que va augmentant la temperatura. Quan l'aire calent impulsat a la zona ha fet pujar la temperatura d'aquesta, les vàlvules es tanquen i re-circula l'aire sense tractar.

A aquest component se l'ha denominat BAT_CALOR i se li han enllaçat les següents entrades i sortides:

<i>Nº Input</i>	<i>Inputs</i>	<i>Definició</i>	<i>Outputs</i>	<i>Definició</i>
3	<i>T_MES</i>	Temperatura de la mescla	<i>T_BAT_CALOR</i>	Temperatura sortida bateria de calor
5	<i>H_MES_REL</i>	Humitat relativa de la mescla	<i>H_BAT_CALOR</i>	Humitat sortida bateria de calor
2	<i>Cabal_valv_calor</i>	Cabal de la vàlvula de calor		

Taula 4.27. Entrades i sortides del component BAT_CALOR. (Font: Pròpia)

Els *inputs* i *outputs* de la taula anterior són la temperatura i la humitat provinents del component PROP_AIRE (que prové del T_MESCLA) i bàsicament són les característiques de l'aire que entravessa la bateria, que és el resultat de mesclar l'aire que s'extreu de la sala i l'aportació d'aire exterior. Com es pot observar són les mateixes entrades i sortides que la bateria de fred.

A més, també li entrem com a *input* variable el resultat de l'anterior component, de la vàlvula de calor, que indicarà quin cabal circularà per la bateria segons els resultats de les equacions. La sortida, només es té en compte quina serà la temperatura de l'aire que impulsarà i la humitat d'aquest.

A continuació s'afegeixen la resta d'entrades manuals, com ara la temperatura del l'aigua que circula per les bateries, el cabal d'aire o la part de *by-pass* activa.

<i>Nº Input</i>	<i>Inputs</i>	<i>Definició</i>	<i>Valor</i>
1	<i>T_Fluid</i>	Temperatura de l'aigua	30 °C
6	<i>Q_Mescla</i>	Cabal d'aire total	1711.14 Kg/h
7	<i>P_Air</i>	Pressió de l'aire	1 atm
9	<i>Bypass_Fraction</i>	Fracció d'aire circulant per la bateria	0,3

Taula 4.28. Valors del les entrades manuals de la BAT_CALOR. (Font: Pròpia)

4.3.7. Equation: Valors d'impulsió d'aire

L'últim component a modular i a caracteritzar en la simulació d'aquest projecte és un component *equation*. El funcionament del component ja s'ha explicat anteriorment i en aquest cas, s'utilitzarà per determinar les condicions de l'aire que el climatitzador impulsarà. Per aquest motiu s'anomena el component amb el nom "IMPULSIO".

Fins ara, s'ha definit les característiques del climatitzador i per part de control, només s'ha definit l'automatisme de les vàlvules. També s'ha definit quina vàlvula ha d'obrir en funció de la temperatura i per quina bateria ha de passar. Quan la temperatura és idònia, el control detecta que no necessita demanda de fred i calor i per tant no obra cap vàlvula. En aquest moment és quan s'utilitza la temperatura de mescla com la temperatura d'impulsió del climatitzador.

Així doncs, aquest component ha de servir per determinar les condicions de sortida del climatitzador, en referència a quina temperatura i humitat ha de tenir en compte, en funció de les obertures de les vàlvules. Per fer-ho, s'utilitzen les següents funcions matemàtiques:

- GT (X,Y) Retorna un 1 si la X del parèntesis és més gran que la Y. En cas contrari retorna 0.
- EQL (X,Y) Retorna un 1 si la X del parèntesis és igual que la Y. En cas contrari retorna 0.

Gràcies a aquestes dues funcions, es poden definir dos equacions (una per la temperatura i l'altre per la humitat) en funció de les senyals de sortida de les vàlvules: la obertura de la vàlvula de fred i la obertura de la vàlvula de calor. A més és necessari també la utilització de les temperatures de sortida

de la bateria de fred, de calor i la temperatura de mescla (temperatura interior i exterior). Les equacions queden de la següent forma:

$$T_{IMP} = T_{sort_bat_fred} \times GT(S_{fred}, 0) + T_{sort_bat_calor} \times GT(S_{calor}, 0) + T_{mescla} \times EQL(S_{fred} + S_{calor}, 0) \quad (\text{Eq. 4.11})$$

$$H_{IMP} = H_{sort_bat_fred} \times GT(S_{fred}, 0) + H_{sort_bat_calor} \times GT(S_{calor}, 0) + H_{mescla} \times EQL(S_{fred} + S_{calor}, 0) \quad (\text{Eq. 4.12})$$

Amb la definició d'aquestes equacions es realitza un control efectiu del comportament del climatitzador. Si s'analitza amb detall (centrant-se amb la temperatura de l'aire d'impulsió), es pot observar tres escenaris:

- Quan hi ha demanda de fred s'utilitzarà la temperatura d'impulsió que aporta la bateria de fred.
- Quan hi ha demanda de calor s'utilitzarà la temperatura d'impulsió que aporta la bateria de calor.
- Quan no hi hagi demanda ni de fred ni de calor s'utilitzarà la temperatura de la mescla d'aïres entre l'aire de retorn de la sala i l'aire exterior.

Així doncs, tenint en compte les equacions anteriors, s'ha d'enllaçar al component totes les entrades necessàries, per tal que a cada interval de la simulació, es realitzi el càlcul de la temperatura i de la humitat d'impulsió d'aire. Aquests components provenen de les sortides de les bateries, del component PROP_AIRE (que prové del component T_MESCLA) i de l'equation CABAL_BATERIES.

Inputs	Definició	Outputs	Definició
$T_{sort_bat_fred}$	Temperatura de sortida bateria de fred	T_{imp}	Temperatura de l'aire impulsat
$T_{sort_bat_calor}$	Temperatura de sortida bateria de calor	H_{imp}	Humitat de l'aire impulsat
T_{mescla}	Temperatura de la mescla d'aïres		
$H_{sort_bat_fred}$	Humitat de sortida bateria de fred		
$H_{sort_bat_calor}$	Humitat de sortida bateria de calor		
H_{mescla}	Humitat de la mescla d'aïres		
S_{FRED}	Senyal de la vàlvula de fred		
S_{CALOR}	Senyal de la vàlvula de calor		

Taula 4.29. Entrades i sortides de l'equation IMPULSIO. (Font: Pròpia)

4.4. Resultats de les simulacions

Fins el present moment del projecte, s'ha construït un model en 3D de la zona, s'ha especificat les característiques i les condicions d'aquesta en el TRNBuild i s'ha parametritzat la climatització de l'espai mitjançant Simulation Studio. En aquest punt doncs, es té definit totes les característiques de la zona necessàries per dur a lloc les simulacions.

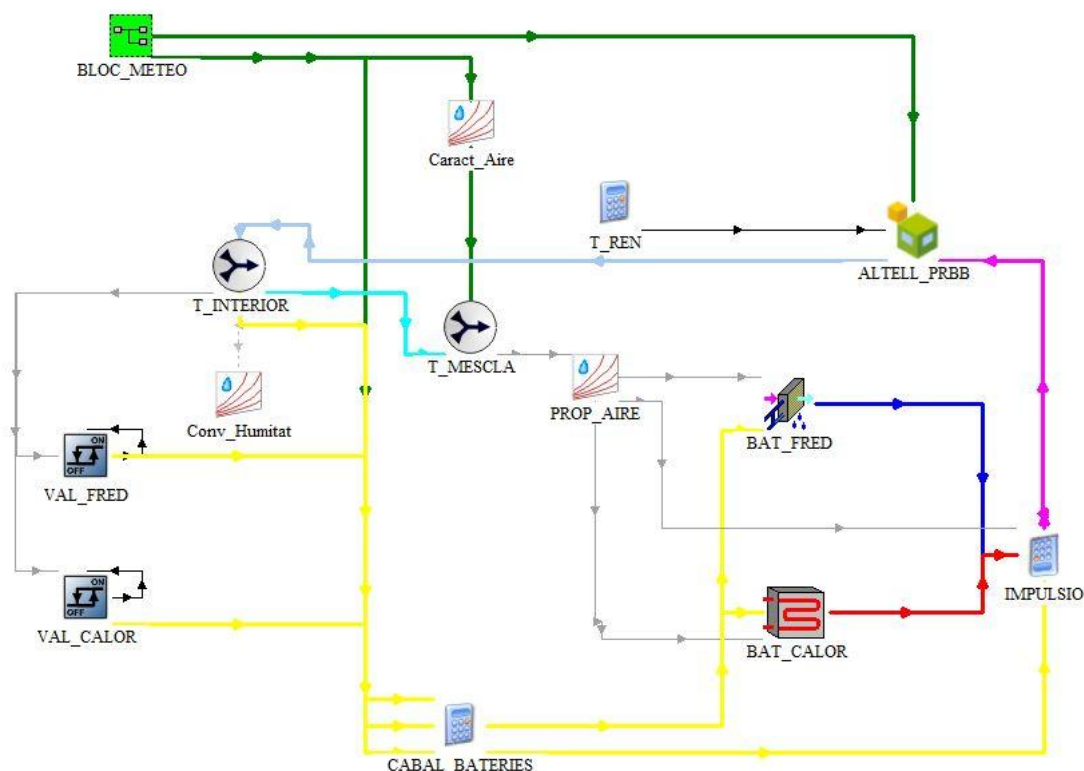


Figura 4.45. Diagrama final dels components de Simulation Studio. (Font: Pròpia)

Tal i com es pot veure a la imatge anterior, estan ordenats i enllaçats tots els components que s'han anat descrivint al llarg de l'anterior capítol. Per colors, s'han fet grups per entendre millor el diagrama i s'han canviat els noms dels components per ajustar-se a les nomenclatures definides durant el projecte.

Cal comentar els dos components de *Type 33* que no s'han descrit anteriorment: Conv_Humitat i Caract_Aire. Es tracten del mateix component que el PROP_AIRE que s'utilitza per definir les condicions de temperatura i humitat però en funció de les propietats de l'aire. D'aquesta manera s'utilitza el component Caract_Aire per ajustar les propietats de l'aire d'aportació exterior mentre que el component Conv_Humitat s'utilitzarà bàsicament per obtenir la humitat relativa de l'interior en percentatge (ja que el component T_INTERIOR només ofereix la humitat absoluta).

Tot seguit doncs s'ha de preparar el Simulation Studio per poder tenir una visualització dels resultats. Per fer-ho, s'han de seleccionar quines són les dades o valors que volem visualitzar a temps real a la simulació. Després s'han d'enllaçar aquests valors amb el component *Type 65*, que ja estava disponible a l'*Assembly Panel* tant bon punt es va començar la simulació.

Aquest component, és una impressora gràfica on-line que permet veure els resultats de la simulació en el mateix programa, per tal de tenir una visualització ràpida dels resultats d'aquesta i poder realitzar les correccions necessàries perquè la simulació funcioni correctament. Aquest component (un cop s'hi han enllaçat les variables desitjades per visualitzar) obra un arxiu executable anomenat TRNExe, que és una finestra amb els gràfics de resultats.

Existeix un altre component, el *Type 25* que té s'utilitza de la mateixa forma que el component anterior, ja que també és una "impressora" de resultats. La diferència d'aquest amb l'altre és que aquest exporta els resultats a un fitxer de text i per tant, es poden descarregar i obtenir els resultats en format Excel per poder treballar amb ells.

Així doncs, en el present projecte s'han utilitzat els dos components, ja que el primer és necessari per anar comprovant que la simulació es comporta de la forma lògica, i el segon per tal d'exportar els resultats i analitzar-los amb profunditat.

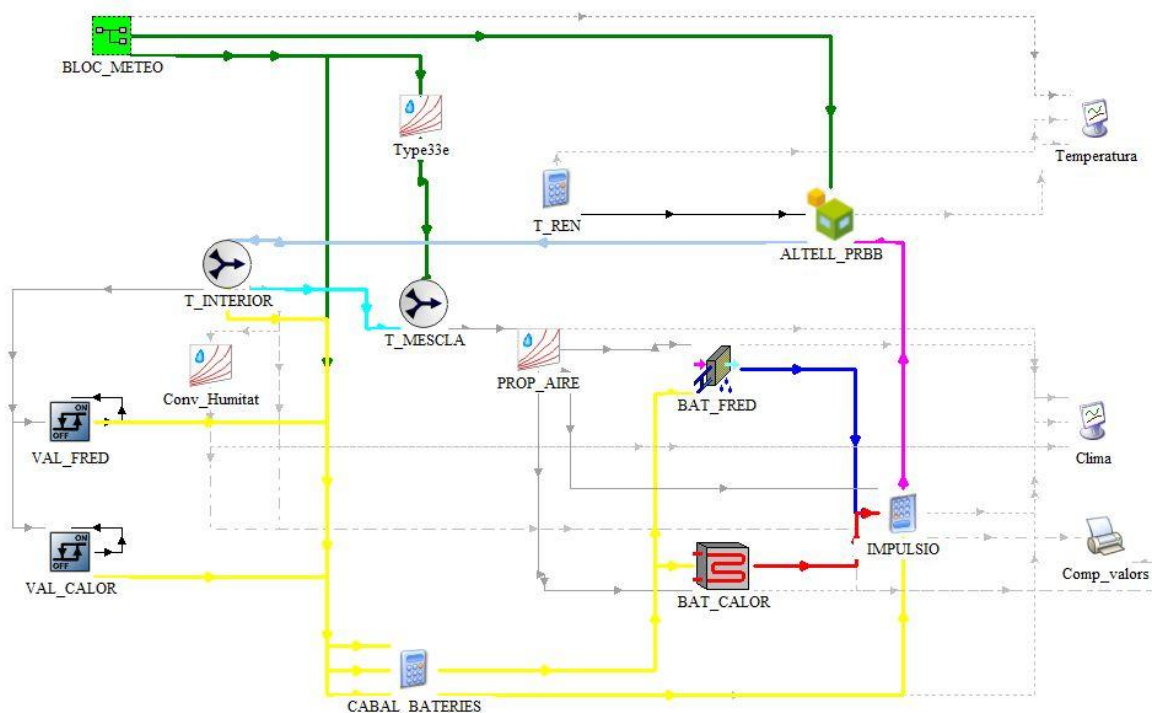


Figura 4.46. Diagrama final dels components de Simulation Studio amb els components d'impressió de resultats. (Font: Pròpia)

Durant els següents capítols es procedirà a realitzar una valoració dels resultats de les simulacions del projecte. S'estudiarà el comportament del sistema implementat i es valorarà la validesa d'aquest. S'analitzarà el comportament en un any, per estacions o per dies. S'analitzarà el comportament en relació a la temperatura exterior, la influència de les càrregues tèrmiques i fins i tot, es compararà els valors obtinguts amb els valors extrets del programa Scada del centre PRBB.

4.4.1. Simulació anual

Per tal de veure un primer comportament de la simulació del projecte, es realitza una simulació anual de tots els resultats interessants i s'analitzarà el resultat. Tal i com s'ha dit, el present projecte elabora dos fitxers de resultats: Un que es una impressora on-line i l'altre és una exportació de resultats en format Excel.

Cal recordar que l'objecte d'anàlisi és la zona de la sala de cultius, que inclou la pròpia sala de cultius S2 i l'espai de transferència SAS. En aquest sentit, s'analitzaran els resultats d'aquesta zona en particular i per tant, les simulacions sempre es focalitzaran envers aquestes dues zones. De totes formes, serà interessant veure quin és el comportament de les zones annexes en relació a la sala de cultius i com pot influenciar, tèrmicament parlant, en els resultats de la simulació.

En primer lloc es mostra el resultat de una part de la simulació mitjançant el component de la impressió on-line i la seva extensió TRNEXE, per part d'explicar el seu funcionament i contingut. En primer lloc fa falta determinar quin han sigut els paràmetres escollits per la simulació. A la pantalla principal del Simulation Studio apareix una pantalla on l'usuari pot definir el protocol amb que es realitzarà la simulació on el més important és el temps de la simulació (inici-final) i el *time-step* d'aquesta (interval de temps). En aquest cas, com l'estudi és anual, s'ha escollit la totalitat de l'any (8760 hores) i un *time-step* de 0,05 hores (3 minuts).

A continuació es mostra una imatge on es pot veure una part de la simulació anual realitzada en aquest capítol. En aquest cas, és un interval de temps de 730 hores (uns 30 dies) i equival al mes de Juliol. A l'eix d'ordenades esquerra, es situen les temperatures de les zones escollides mentre que a l'eix d'abscisses, el moment exacte que s'ha realitzat la simulació, en hores. Existeix un segon eix d'ordenades a la dreta que en aquest cas, no s'hi visualitza cap valor.

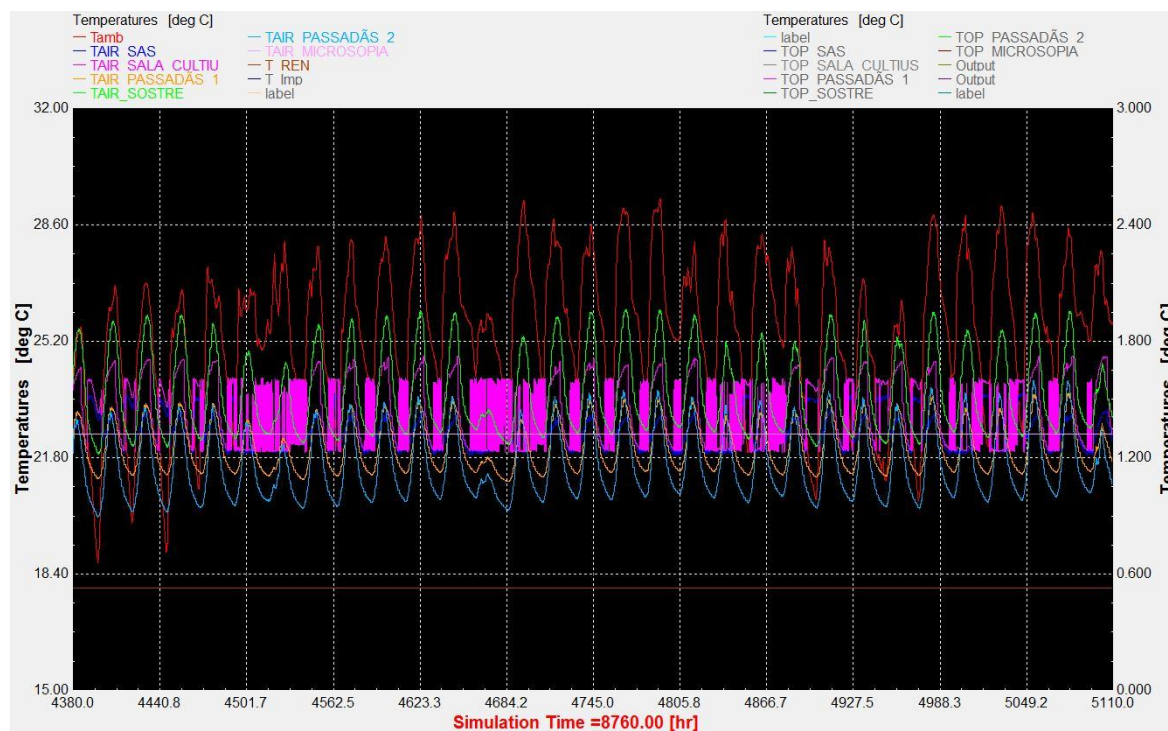


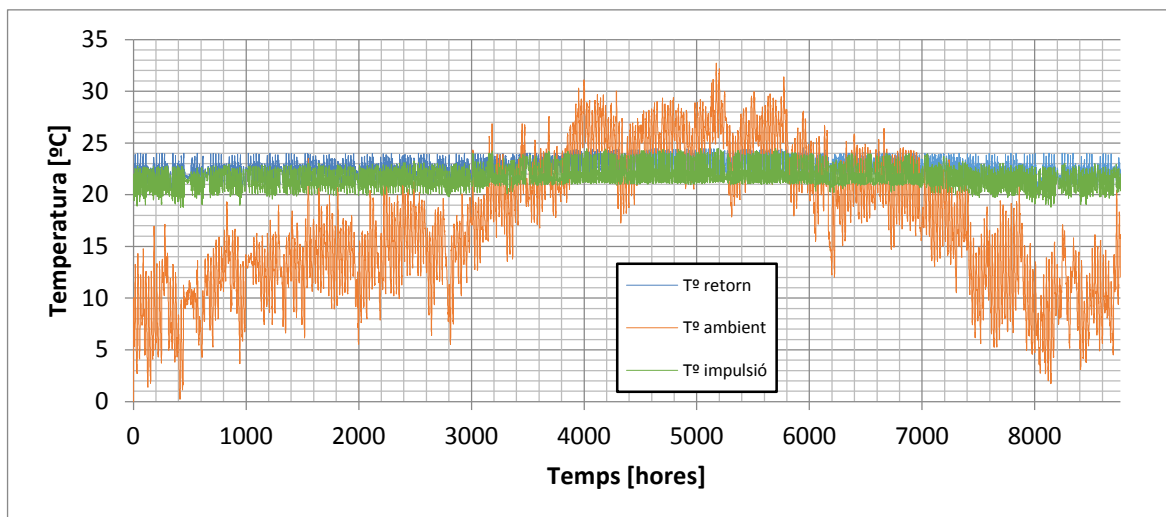
Figura 4.47. Resultats de la simulació utilitzant TRNExe. (Font: Pròpia)

Com es pot veure els valors es diferencien en colors. A la part superior de la imatge, existeix una petita llegenda on indica què pertany a cada color. Alhora, també pots activar i desactivar valors per visualitzar o amagar valors en funció de l'objectiu de la simulació. En aquest cas, a mode d'exemple, es visualitzen totes les temperatures de les diferents zones de l'altell de la 5ª planta del PRBB.

Tal i com es pot apreciar, 30 dies repartit en aquesta gràfica queda molt comprimit i TRNExe ofereix a l'usuari la possibilitat de realitzar un zoom en un interval concret per tal de visualitzar els resultats de la simulació amb més detall.

4.4.1.1. Temperatures anuals

Un cop s'ha revisat que el comportament de la simulació és l'adequat, toca analitzar els resultats mitjançant l'altre component d'impressió, el qual extreu els resultats en format Excel. S'ha realitzat un recull dels valors més significatius de la simulació i a continuació es procedirà a comentar els resultats en funció d'aquests.



Gràfica 4.1. Resultat de la simulació anual dels valors de temperatura més significatius. (Font: Pròpia)

En aquesta primera gràfica tant extensa s'hi representa tres de les temperatures més significatives a l'hora de tenir en compte la simulació: la temperatura de retorn de la zona (mesclades de temperatura entre la sala S2 i el SAS), la temperatura de l'aire d'impulsió del climatitzador i la temperatura ambient a l'exterior.

Tenint en compte que a l'eix d'abscisses el 0 és l'1 de Gener, salta a la vista el comportament de la corba de la temperatura ambient respecte l'època de l'any. A l'hivern s'arriben a temperatures de entre 10 i 5 °C mentre que l'estiu les temperatures oscil·len entre 20 i 30 °C. En canvi les temperatures d'impulsió i de retorn són molt més estables i oscil·len entre els 20 i els 25 °C.

A la gràfica 1 també es pot apreciar un dels factors més rellevants i que es comentarà més endavant amb més detall: la influència de la temperatura exterior amb la temperatura de l'aire impulsat. Això és degut a l'aportació d'aire exterior que rep el climatitzador i que fa pujar les temperatures d'impulsió considerablement.

La gràfica anterior consta de més de 35000 punts. S'ha de tenir en compte que s'ha establert un *time-step* de 0,25 per a aquestes impressions, que equival a una "simulació" o resultat cada 15 minuts. És per això doncs, que la gràfica està tant concentrada i no permet entrar en detall per analitzar-la. Per aquest motiu doncs, es decideix realitzar unes primeres consideracions, dividint la simulació anual en estacions, per analitzar així les dos més rellevants: hivern i estiu.

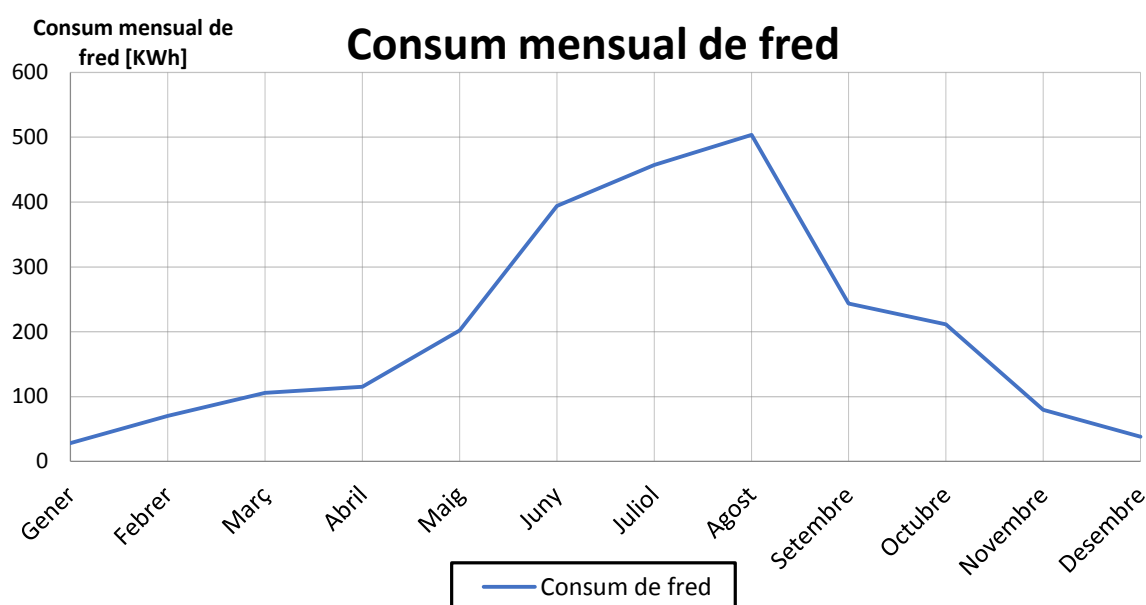
4.4.1.2. Balanç energètic

Un cop s'ha tractat una primera impressió global de com ha funcionat la simulació, en aquest capítol es centrarà la idea de buscar quin és el consum energètic que té aquest sistema dissenyat.

S'estudiarà i s'analitzarà quin cost energètic té aquest sistema i quanta energia ha utilitzat en aquest període estudiat.

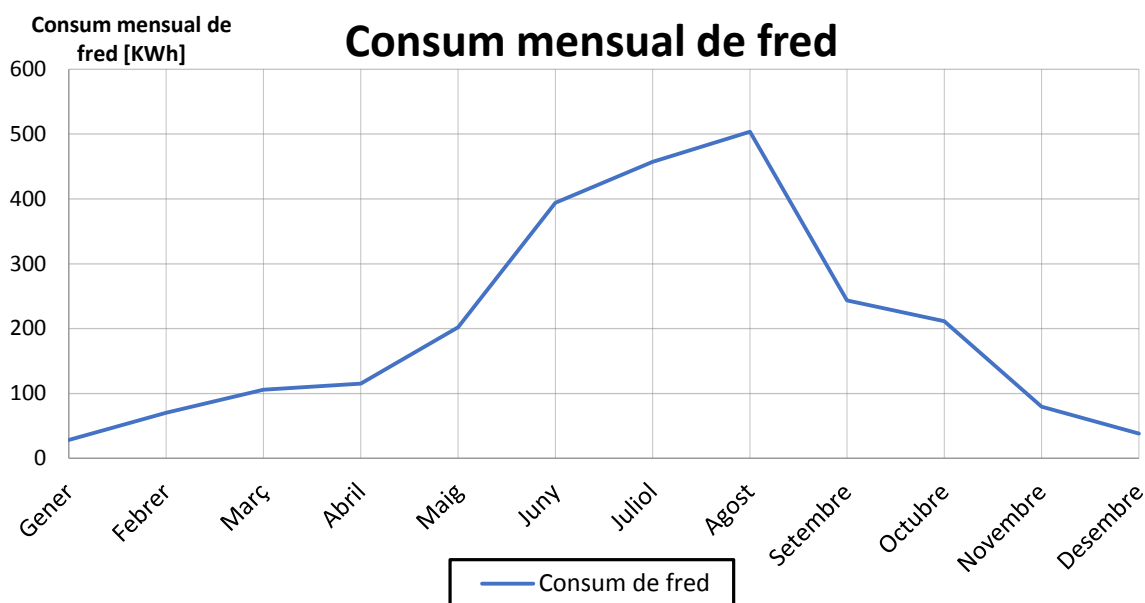
Així doncs, per fer-ho es busquen aquells elements del sistema que tenen un elevat consum energètic, que tenen una elevada pèrdua de transformació o bé que poden tenir major impacte tèrmic energèticament parlant. D'aquesta manera es redueixen en 3 grans blocs aquests elements: La bateria de fred, la bateria de calor i el consum elèctric dels equipaments i il·luminació.

En primer lloc es busca analitzar l'energia consumida per la producció de fred. Les bateries de fred tenen una sortida denominada "*Fluid heat transfer*" que dóna, per cada *time-step*, quin coeficient d'energia és transformat des de l'aigua que circula per les bateries, a l'aire que la travessa. D'aquesta forma apareix un valor que equival a la potència tèrmica utilitzada per el fluid per refredar l'aire en un interval de temps d'un *time-step*.



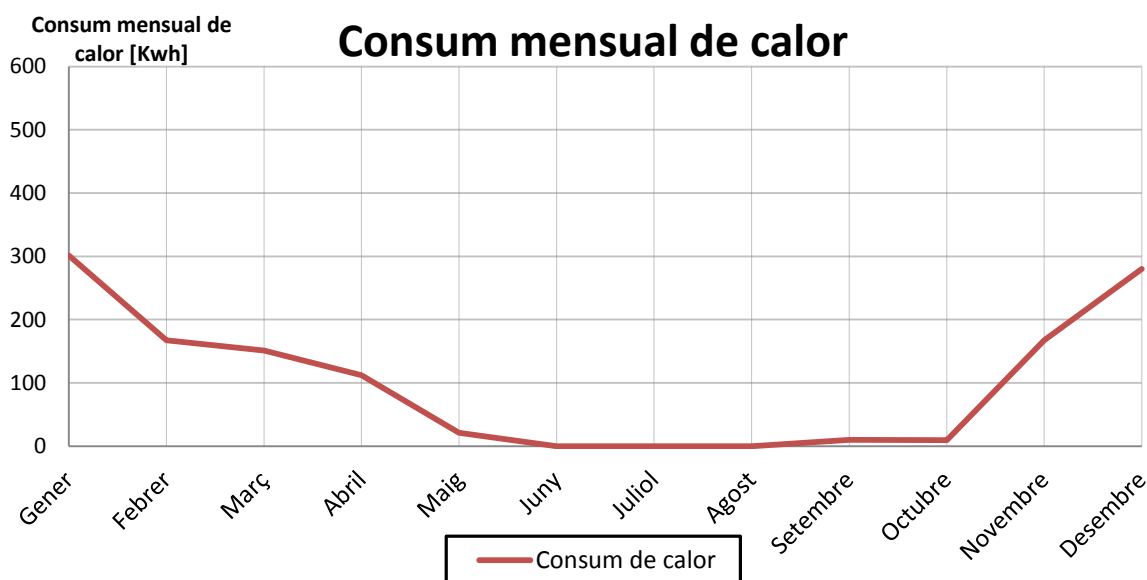
Gràfica 4.2. Consum tèrmic mensual de la bateria de fred. (Font: Pròpia)

De totes formes, per analitzar correctament els resultats d'aquest camp, es connecta aquesta sortida del component BAT_FRED amb una impressora que integra aquests resultats en funció del temps, proporcionant un valor mensual total. D'aquesta manera, s'obté una gràfica tal com la



Gràfica 4.2. que dibuixa la corba del consum tèrmic mensual que proporciona la bateria de fred de la instal·lació.

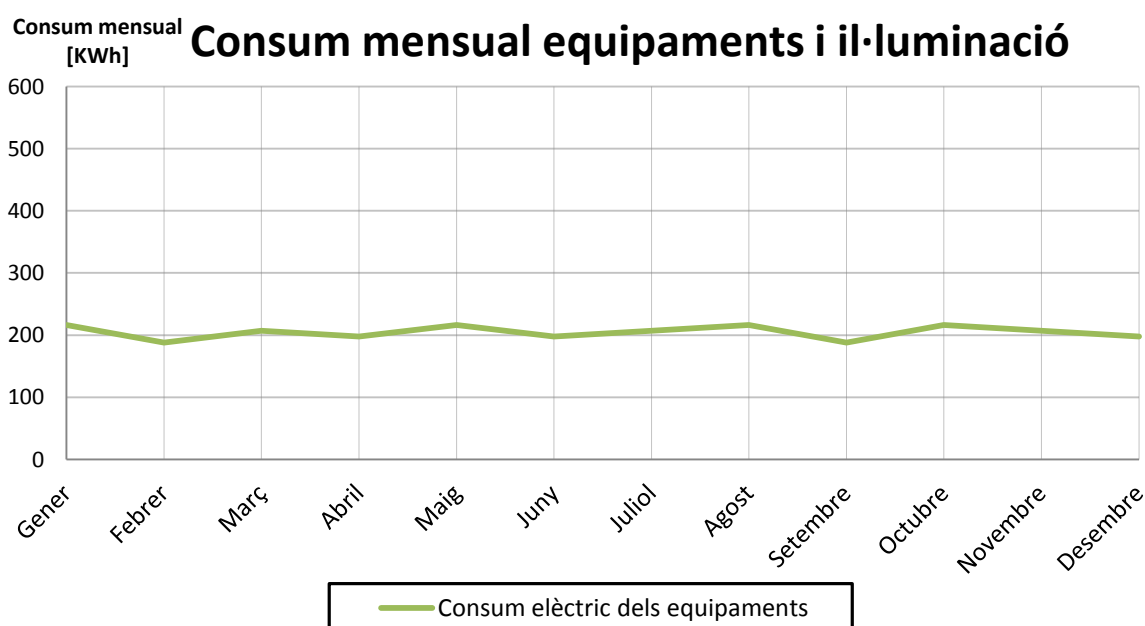
És fàcil entendre que el seu comportament va lligat a les condicions climàtiques exteriors així com per la necessitat de refrigerar l'interior de la zona que climatitza (sala de cultius i SAS). Així doncs, es veu com en èpoques de mes fred al hivern, la demanda de fred és molt menor i correspon, tal i com es veurà en el següent capítol, a la demanda de fred per contrarestar les càrregues tèrmiques de la sala.



Gràfica 4.3. Consum tèrmic mensual de la bateria de calor. (Font: Pròpia)

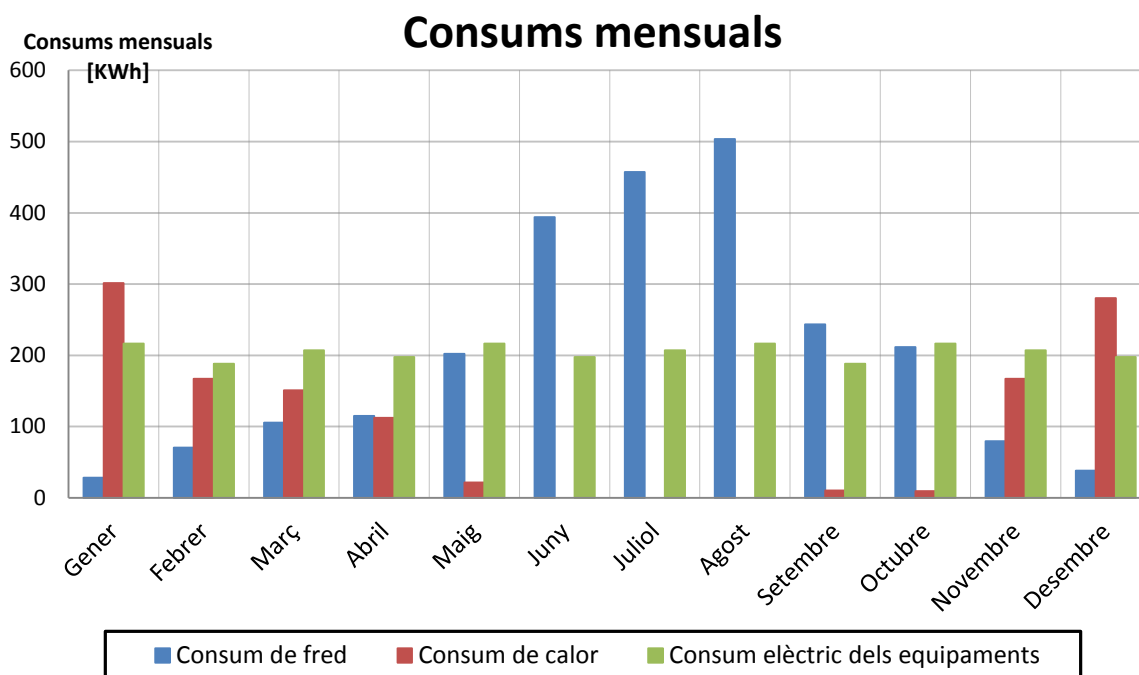
La gràfica anterior mostra el mateix gràfic per la demanda de calor, seguint els mateixos criteris que anteriorment. En aquest es pot veure però com la demanda de calor a l'estiu és nul·la, ja que amb les altes temperatures que hi han a l'ambient, ja regula correctament la demanda de calefacció.

Finalment el tercer component a analitzar el seu consum tèrmic és l'aportació de calor que tenen els elements interns de la sala de cultius. Aquestes aportacions tèrmiques tenen un elevat consum energètic elèctric degut principalment als equips d'investigació instal·lats. També es contemplen l'energia tèrmica que desprèn l'ocupació del personal investigador o la càrrega tèrmica per il·luminació.



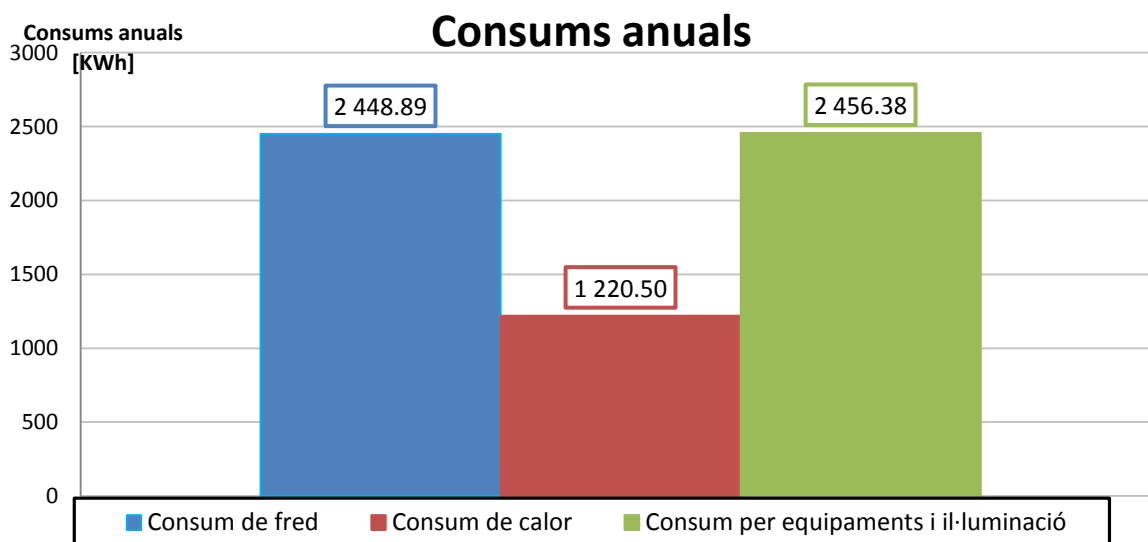
Gràfica 4.4. Consum elèctric dels equipaments i la il·luminació. (Font: Pròpia)

Un cop s'han comentat els diferents consums energètics que conté el sistema, es procedeix a fer una comparació entre ells. Per fer-ho, s'elabora una gràfica on s'hi inclou els 3 consums citats anteriorment mes a mes i es comparen els KWh consumits.



Gràfica 4.5. Consums mensuals d'energia del sistema. (Font: Pròpia)

La gràfica ens mostra en primer lloc quin component és el que més consum d'energia desprèn: la bateria de fred. Tal com es veu a la imatge, aquesta a l'estiu és pràcticament el doble que el segon component que més consumeix, que és el consum de càrregues tèrmiques internes.



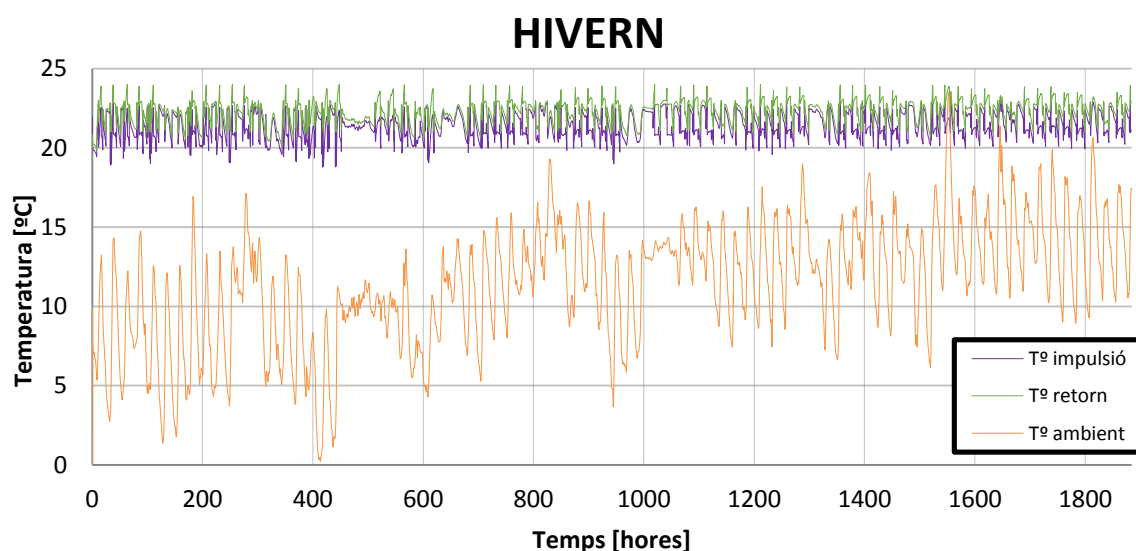
Gràfica 4.6. Consums anuals d'energia del sistema. (Font: Pròpia)

Si s'analitza el consum anual, es pot apreciar com el consum de fred i el consum dels equipaments són pràcticament calcats i respecten el doble que el consum de calor.

4.4.2. Comportament del sistema: Hivern

La primera estació a analitzar és l'hivern. Es tracte d'una època molt interessant per estudiar el comportament de les temperatures i del funcionament de la UTA, ja que exigeix un elevat nivell de calefacció per aportar les condicions òptimes per els investigadors. Es tracte d'una època molt freda (la més freda de l'any), amb els dies més curts i amb menys humitat.

L'hivern comença el 21 de desembre i s'allarga fins el 22 de març. En les següents gràfiques no es tenen en compte els últims 9 dies de l'any perquè es busca poder apreciar millor els resultats a les gràfiques i focalitzar per tant, l'anàlisi als 3 primers mesos. D'aquesta manera, s'acota la simulació des de l'instant 0 fins a l'hora 1884 (22 de març).



Gràfica 4.7. Resultats de la simulació realitzada a l'hivern de les temperatures d'impulsió, de retorn i ambient.
(Font: Pròpia)

Començant per una gràfica extensa que compren tot el període hivernal, s'analitzarà a grans trets el comportament d'aquesta en funció de les mateixes temperatures de la gràfica Gràfica 4.1. Com es pot veure, és un interval molt fred, amb temperatures molt baixes, rondant els 10 graus de mitjana. Aquest factor, com ja s'ha comentat anteriorment, influeix molt en el la temperatura d'impulsió, ja que l'aportació d'aire exterior a tant baixa temperatura, al mesclar-se amb el retorn de la sala, fa disminuir aquesta temperatura de sortida del climatitzador.

En aquest gràfic també podem veure a simple vista un altre comportament molt rellevant. L'estabilitat de la temperatura ambient de Barcelona durant un període, fa més estable el

comportament del climatitzador i fa que aquest no treballi tant al límit. Períodes com de l'hora 470 a la 570 aproximadament, que la temperatura exterior no pateix canvis bruscs entre el dia i la nit, aporten una estabilitat a l'aire d'impulsió, ja que no ha de corregir tant la temperatura d'aportació d'aire exterior.

A la gràfica no s'ha inclòs per exemple, la obertura de les vàlvules (que es visualitzaran a continuació) ja que la quantitat de punts que entra dins d'aquest rang de valors, no permet realitzar una visió clara dels resultats de la simulació. De totes formes, per tenir una idea de com han treballat les vàlvules d'aportació d'aigua a les bateries de fred i de calor, es realitza un recompte de quantes vegades el sistema ha ordenat estar oberta una vàlvula de fred o de calor. Tenint en compte que en aquest període d'hivern s'han recollit 7536 punts de dades que equivalen a una lectura cada 15 minuts, el resultat és el següent:

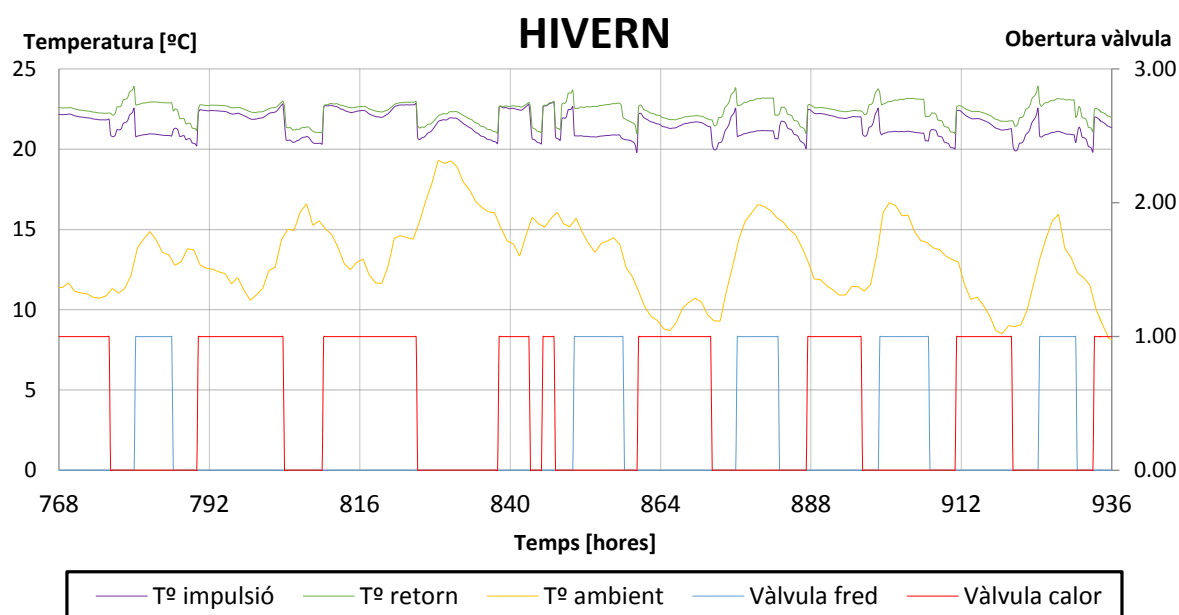
- Vàlvula de fred: Ha estat oberta en 1321 punts, que equival al 17,53% del temps total del període.
- Vàlvula de calor: Ha estat oberta en 4146 punts, que equival al 55,02% del temps total del període.

La resta del temps, representa que no ha obert cap vàlvula i per tant significa, que impulsant amb l'aire provinent de la mescla del retorn de la sala i de l'exterior, la sala es manté a condicions òptimes i no requereix de les bateries per baixar o pujar la temperatura.

Cal destacar aquest 17,53% de la vàlvula de fred que de bon principi, pot sorprendre que sigui tant elevat amb les temperatures exteriors que hi ha a l'hivern. El motiu el qual la zona estudiada requereix de tanta demanda de fred és bàsicament per la gran quantitat de carregues internes que conté.

Per veure aquest impacte de les càrregues tèrmiques internes o les obertures de les vàlvules, s'ha d'entrar en detall i analitzar aquest període de temps amb un interval més ajustat, on es podran apreciar més be els comportaments de cada component.

Així doncs a continuació es mostra una gràfica on es pot apreciar un interval més ajustat: una setmana. En concret és la setmana del 1 de febrer del 2017 fins el 8 de febrer. En aquesta gràfica es mostren els mateixos valors de temperatura que s'han anat senyalant durant aquest capítol i alhora s'ha afegit un mateix eix d'ordenades per incloure-hi les obertures de les vàlvules.



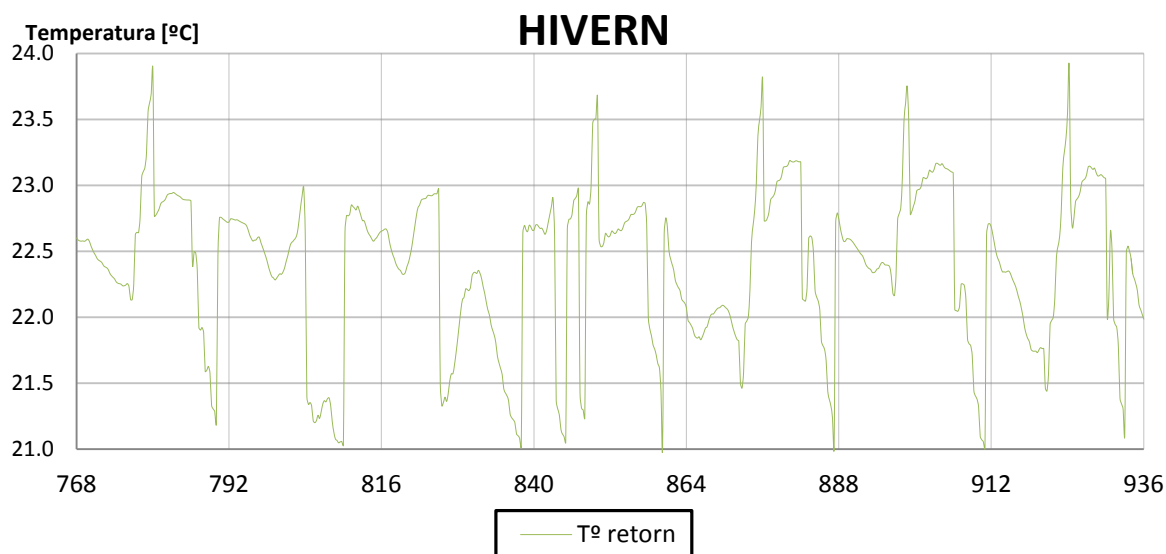
Gràfica 4.8. Resultats de la simulació realitzada en una setmana d'hivern. (Font: Pròpia)

En aquesta gràfica doncs, ja es pot començar a veure el funcionament del sistema de forma més concreta. En primer lloc, s'ha de tornar enrere i recordar el capítol 4.3.5 on s'explicava el funcionament dels controladors diferencials (les vàlvules de les bateries).

Les temperatures de consignes són diferents per la vàlvula de fred i de calor per intentar que el comportament del climatitzador sigui més real. S'ha dissenyat així perquè el control real del sistema de gestió *Scada* de l'edifici, conté un sistema de control molt més avançat que el que un nivell usuari pot implementar a TRNSYS i té una sèrie de controladors i actuadors que regulen les oscil·lacions d'aquestes vàlvules.

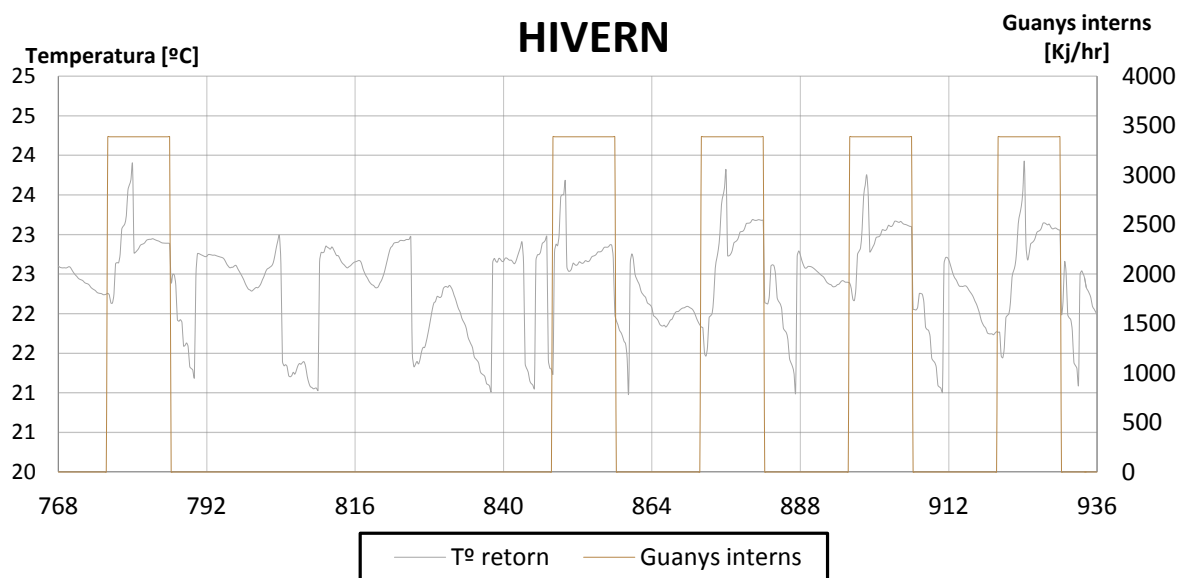
Sense aquesta implementació de control, si es posen les dues vàlvules amb la mateixa temperatura de consigna, l'únic que s'aconsegueix és que el sistema no convergeixi, ja que és ajustar tant el punt òptim, que les vàlvules de calor i de fred s'anirien alternant sense arribar a establir-se mai.

Així doncs, s'estableix una temperatura de consigna de 23 °C per la vàlvula de fred i 22 °C per la vàlvula de calor. Ambdues vàlvules tenen una zona morta de ± 1 °C. Amb aquesta parametrització quan la temperatura arriba als 24°C, s'obra la vàlvula de fred i en canvi, quan la temperatura baixa dels 21 °C, s'obra la vàlvula de calor per augmentar la temperatura d'impulsió.



Gràfica 4.9. Valors de la temperatura de retorn en una setmana d'hivern. (Font: Pròpia)

Tenint en compte doncs els valors de consigna de les vàlvules, es pot afirmar que la les temperatures varien entre els 21 °C i els 24 °C. Això es pot veure clarament amb la gràfica anterior, on està representada la temperatura de la sala de cultius (juntament amb el SAS).



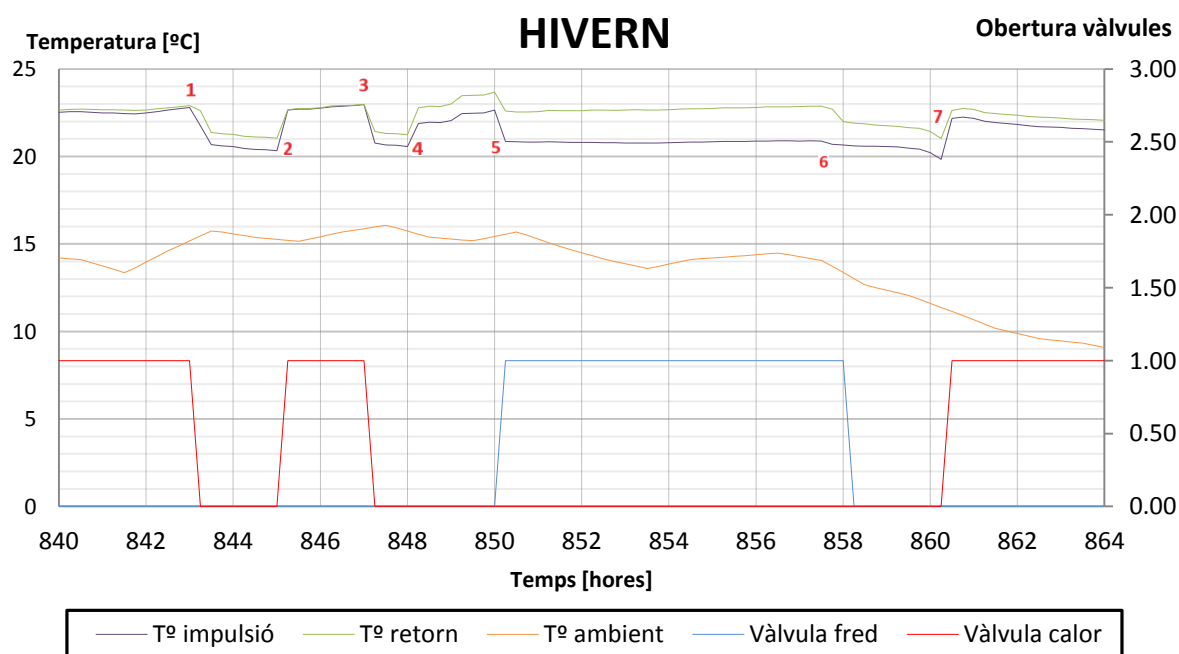
Gràfica 4.10. Resultats de la simulació de la temperatura de retorn en funció dels guanys interns. (Font: Pròpia)

Agafant de referència la gràfica anterior, es pot observar de nou el pes que té les càrregues internes en la climatització de l'espai. Recordant que les hores d'ús de la majoria de les màquines s'han ajustat a la jornada laboral (de dilluns a divendres) es veu clarament quins dies formen part del cap de

setmana. La gràfica comença en dijous i per tant, els intervals 792-816 i 816-840 equivalen al dissabte dia 4 i diumenge dia 5 de febrer respectivament.

Tal i com es pot observar a la gràfica Gràfica 4.1, són els únics dos dies de la setmana que no tenen demanda de fred, tot i que curiosament, el diumenge hi hagi una temperatura exterior molt més elevada que la resta de dies de la setmana. Això doncs, mostra quin pes tenen (tèrmicament parlant) els equips i les màquines de la sala de cultius i el SAS.

Però encara interessa entrar més en detall i veure com comporta el sistema al llarg d'un dia tipus d'hivern. Així doncs, la següent gràfica mostrarà un dels dies d'aquesta setmana d'hivern. Aquest dia té variacions de temperatura exterior interessants per analitzar i a més, com que és un dia feiner, la simulació té en compte les càrregues per les maquinàries i per ocupació de la sala.



Gràfica 4.11. Resultats de la simulació realitzada en una dia d'hivern. (Font: Pròpia)

La gràfica segueix la mateixa línia que les comentades anteriorment. En un costat, s'inclouen les tres temperatures que s'han anat comentant al llarg del capítol. A l'altre, torna a aparèixer l'estat de les vàlvules: oberta (1) o tancada (0). A l'eix d'abscisses s'hi situa el temps, en un interval de 2 hores, començant a les 0h de la matinada i acabant a les 12h de la nit (24 hores senceres). Per a un fàcil seguiment de l'anàlisi de la gràfica, s'ha numerat els punts claus de la simulació.

El dia comença en el punt 840 que equival a les 12 de la nit del dia anterior. Com s'observa, la calefacció es passa aquesta primera part de la nit encesa ja que les temperatures són força baixes. A partir de les 2 aproximadament comença a pujar la temperatura ambient de Barcelona, fins que al

punt 1 (cap a les 3), arriba a la temperatura de tancament de la vàlvula de calor (temperatura de consigna més la zona morta), que és 23.

Tot seguit, amb cap vàlvula oberta, el climatitzador funciona re-circulant l'aire interior mesclant-lo amb l'aire exterior, que encara que sigui poca proporció, ja té una consideració important disminuint la temperatura. Aquesta temperatura va baixant al llarg de la matinada, fins que arriba al punt 2. Aquest punt equival a 21 °C de temperatura de retorn i per tant, el control detecta que ha d'obrir de nou la vàlvula de calor, ja que la temperatura ha arribat al límit inferior de consigna. Així doncs, la vàlvula de calor es torna a obrir aproximadament a les 5 del matí i es manté fins les 7, ja que la temperatura arriba a temperatura de consigna de nou (23 °C) i per tant, la vàlvula es torna a tancar i torna a funcionar el climatitzador amb aire re-circulat.

És a les 8 del matí (punt 4) quan es va estipular al TRNBuild que els investigadors comencen a treballar a la sala de cultius i per tant, és quan comença a haver-hi càrrega tèrmica per ocupació. De la mateixa forma, també s'encén la il·luminació i tota la maquinària que conté la sala blanca amb la conseqüència que augmenti, tal i com es pot apreciar al gràfic, considerablement la temperatura de la zona.

Aquest fet doncs, produeix un ràpid augment de la temperatura interior de la zona, encara que la temperatura ambient precisament disminueixi. Tal és així que arriben les 10 del matí i la temperatura ha arribat al límit màxim permès (24 °C) i per tant, tal i com es pot veure al punt 5, obra automàticament la vàlvula de fred per reduir la temperatura d'impulsió del climatitzador. En efecte la temperatura disminueix però tant és la càrrega tèrmica de la sala que contraresta aquesta baixa temperatura d'impulsió, donant lloc a una estabilitat tèrmica que es manté al llarg del dia.

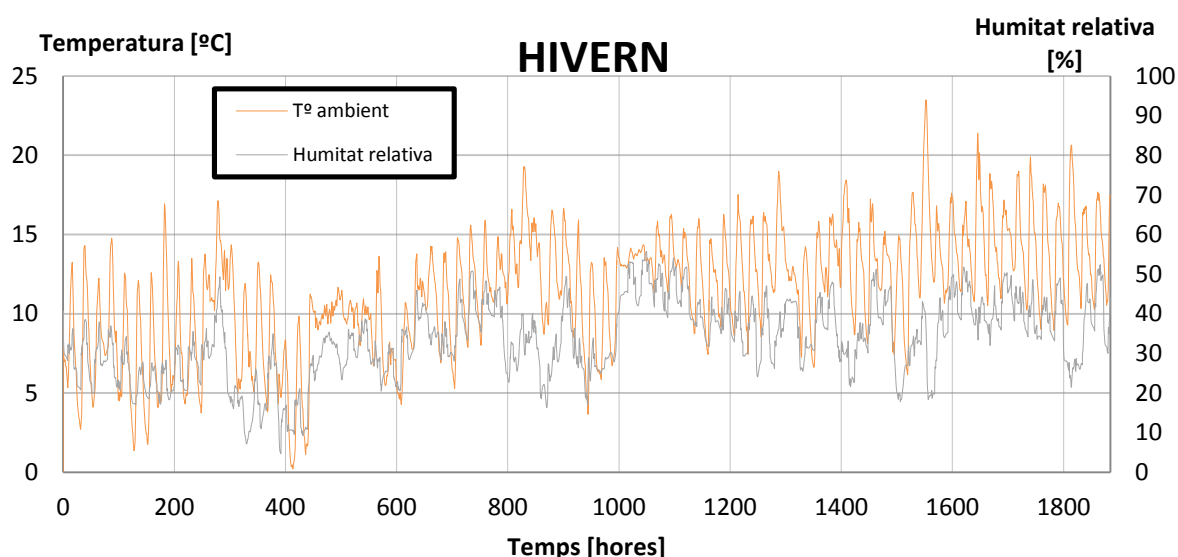
No és fins al punt 6, que equival a les 18h de la tarda, que acaba la jornada laboral i per tant, passa l'inversa que el punt 4: La ocupació passa a ser zero, la il·luminació s'apaga i els equips científics es desconnecten. Conseqüentment la temperatura baixa en picat (en relació òbviament amb la temperatura exterior) fins que a les 20:30h la temperatura baixa fins als 21 °C i de nou, es torna a obrir la vàlvula de calor per fer pujar la temperatura.

Tal i com s'ha comentat al llarg del projecte, es pot veure al llarg de totes aquestes gràfiques quin és l'impacte de les càrregues tèrmiques que conté la sala de cultius envers la temperatura d'aquesta. Cal tornar a citar que la sala de cultius ocupa tant sols una superfície de 16,88 m² i conté una enorme quantitat d'equips instal·lats que, juntament amb l'alta ocupació que té (1 persona cada 5,63 m²), provoquen aquest comportament tant exagerat.

És per aquest motiu doncs, que en el projecte inicial d'obra d'aquesta sala de cultius, es va tenir que dimensionar acord amb aquestes condicions. A causa d'aquestes càrregues tèrmiques, va ser

necessari, entre altres mesures, instal·lar un gran climatitzador per només aquesta zona (sala de cultius i SAS) de 10 kW, grans cabals d'aire d'impulsió i retorn que provoquen unes 30 renovacions/hora de l'aire de la zona i la construcció dels tancaments amb material aïllant.

Per acabar es mostra un altre comparatiu extret dels resultats de la simulació. Es tracta d'una gràfica on es mostra la relació de la temperatura ambient exterior amb la humitat relativa de la sala.

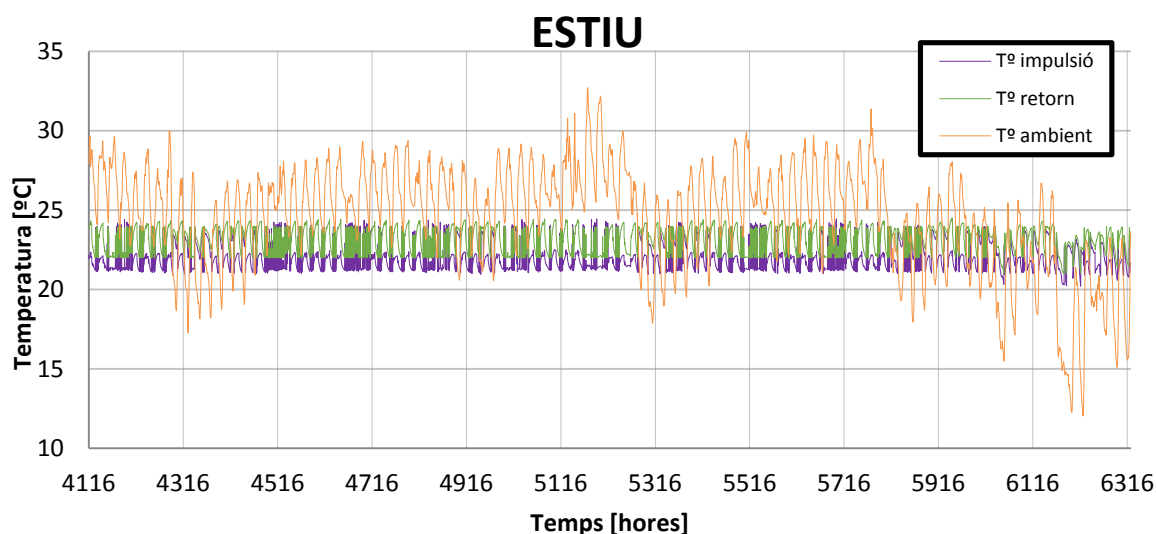


Gràfica 4.12. Comparativa de la humitat relativa de la zona estudiada en funció de la temperatura ambient.
(Font: Pròpia)

Com es pot apreciar al gràfic, es veu clarament quina és la relació que tenen ambdós resultats ja que podríem afirmar que són estrictament proporcionals. La humitat és el que es coneix com la quantitat de vapor d'aigua present a l'aire i va estrictament lligada amb la temperatura. A mesura que va augmentant la temperatura de l'aire, aquest és capaç de contenir més humitat.

4.4.3. Comportament del sistema: Estiu

Un cop analitzat el període hivernal, amb les seves particularitats, toca analitzar una altra època de l'any amb unes condicions totalment oposades: l'estiu. Seguint el mateix protocol que en l'apartat anterior, s'analitzarà quin comportament té el sistema envers aquest interval anual, que tant fa exigir a les instal·lacions de climatització dels edificis.



Gràfica 4.13. Resultats de la simulació realitzada a l'estiu de les temperatures d'impulsió, de retorn i ambient.
(Font: Pròpia)

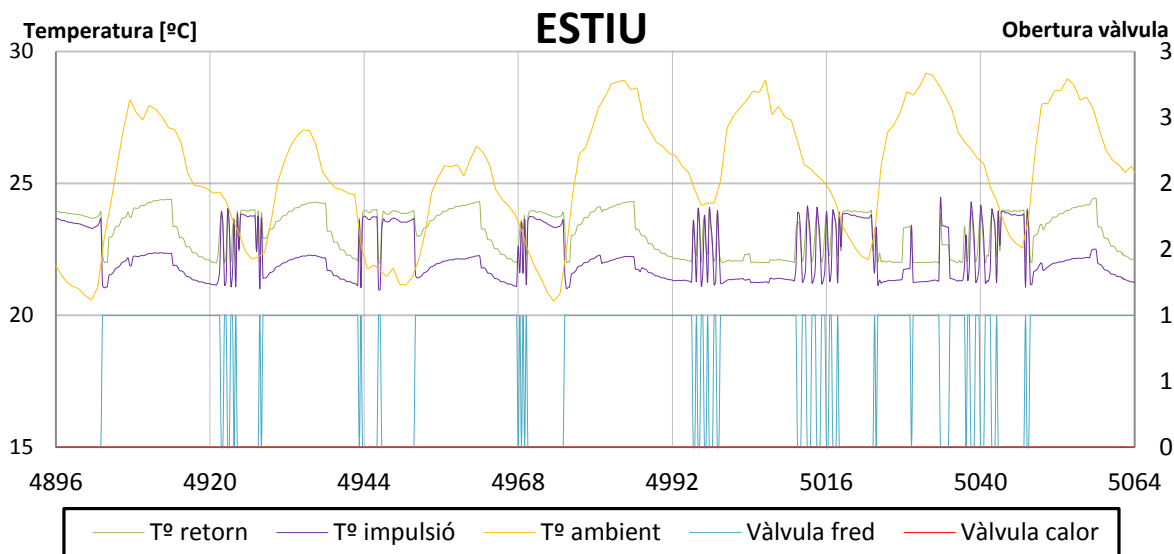
L'estiu comença el 21 de Juny i acaba el 22 de setembre. Aquest interval de dies equivalen a un inici de la simulació en la hora 4116 i amb un final al punt 6316. Així doncs, s'entén l'estiu com la època més calorosa de l'any i per tant, la època amb les màximes més elevades.

Es torna a començar l'anàlisi per una visió global de tot el període estival on ja a simple vista, es pot apreciar la gran diferència amb l'hivern de la temperatura ambient de Barcelona. Tant és la diferència, que en determinades setmanes del juliol o l'agost la temperatura arriba a ser casi tres vegades més elevada que el febrer per exemple.

Tanmateix també es pot apreciar la influència de la temperatura exterior respecte les temperatures d'impulsió i de retorn, ja que aquestes seran lleugerament més elevades de mitjana per l'aportació d'aire exterior a l'aire d'impulsió tractat per el climatitzador i per les condicions de sensació de calor a l'interior de la sala e cultius.

Però tal i com s'ha pogut demostrar en l'anàlisi de l'hivern, per tal d'aprofundir i veure més en detall el comportament del sistema, s'ha de buscar un interval més ajustat. D'aquesta manera, es busca un interval on es pugui apreciar amb més precisió la regulació del sistema de climatització de la sala de cultius i el SAS.

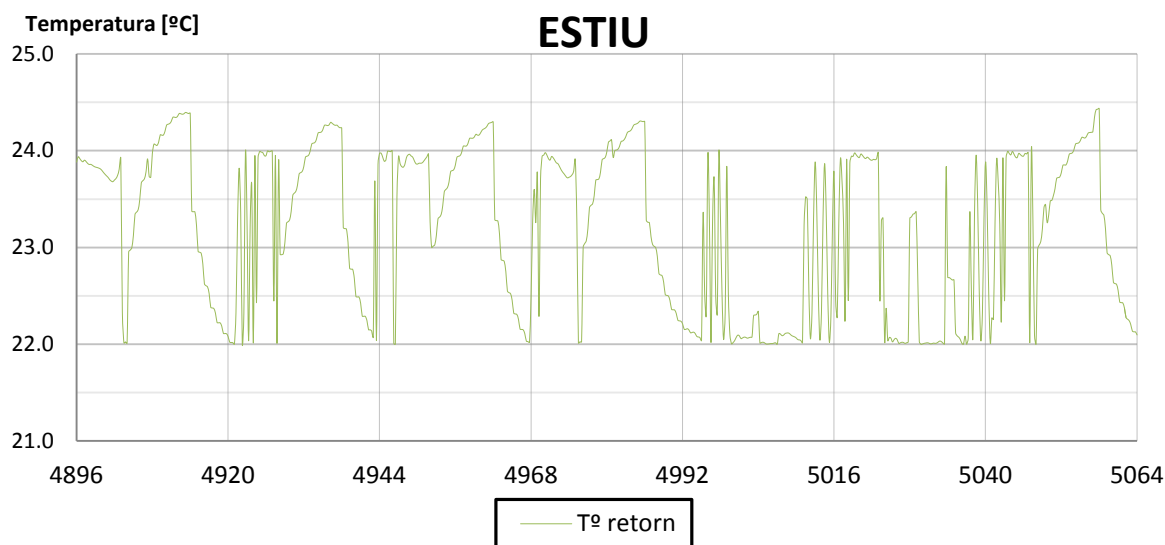
És per això doncs que s'escull una altre setmana que més o menys caigui per la meitat de l'estiu: del 24 de juliol al 31 de juliol. Com a l'hivern, es mostra una gràfica amb els valors de temperatura d'impulsió, de retorn i la de Barcelona al primer eix d'ordenades i les obertures de les vàlvules al segon.



Gràfica 4.14. Resultats de la simulació realitzada en una setmana d'estiu. (Font: Pròpia)

A la gràfica anterior doncs, ja es pot veure amb més detall la simulació del comportament del climatitzador implementat al projecte. En primer lloc ja es pot veure la diferència de les demandes de fred i calor envers la gràfica de l'hivern, ja que en el període escollit de l'estiu per exemple, no s'obra en cap moment la vàlvula de calor.

Aquest fet es produeix al llarg de la major part de l'estiu. De fet, l'únic moment en que les vàlvules de calor s'obren i per tant, que la zona tingui demanda de calor, es produeix a la segona quinzena de setembre, quan les temperatures baixen considerablement. Tant és aquest diferència que la vàlvula de calor tant sols s'obra un 10% de les vegades, respecte el 67% de *time-steps* que la vàlvula de fred ha estat oberta.



Gràfica 4.15. Valors de la temperatura de retorn en una setmana d'estiu. (Font: Pròpia)

Per altre banda, a la gràfica Gràfica 4.15, es pot apreciar la diferència en la temperatura de retorn (la temperatura de la sala de cultius i el SAS) en referència al dia de la setmana. Tan és així, que els dies feiners (de dilluns a divendres), que inclouen els intervals de temps 4896-4992 i 5040-5064, tenen un comportament molt semblant entre ells, seguint la jornada laboral de 8h del matí a les 18h de la tarda. En canvi, l'interval 4992-5040 equival a un dissabte i a un diumenge i per tant, el programa detecta que no hi han càrregues tèrmiques per equips, cosa que fa variar repetidament la temperatura de la zona.

Un altre factor que s'ha d'estudiar amb deteniment són aquestes oscil·lacions que es produeixen repetidament durant molts moments de la setmana i que es produeixen amb freqüència en aquesta època de l'any. Es tracta d'un comportament irregular que fa obrir i tancar la vàlvula de fred a cada *time-step* durant un període de temps i que a conseqüència fa modificar les temperatures d'impulsió i retorn.

Això és degut, a un sobredimensionament del sistema envers les necessitats de fred, en major part, a l'estiu. La sala de cultius com ja s'ha explicat anteriorment necessita d'unes condicions òptimes per el seu correcte funcionament. Tal és així, que en el projecte d'obra per a la creació d'aquesta sala, es va decidir utilitzar un sol UTA per a la zona que comprèn la sala de cultius i el SAS.

Per a l'elecció del climatitzador adient i per tant, que complís els requeriments necessaris, va ser primordial realitzar un estudi de les càrregues tèrmiques per determinar quina potència frigorífica s'havia d'instal·lar. Com ja s'ha comentat, aquesta sala està altament densificada d'equips d'investigació que eleven aquesta càrrega sensible considerablement. A més a més, per

Si s'analitza el cas particular del dia escollit en la gràfica Gràfica 4.16, ja es pot veure quin és el factor determinant que fa que el sistema no respongui de forma òptima. La primera lectura de valors, situada a la hora 4920 equival a les 12 hores de la matinada. La sala ve amb tendència de demanda de fred i per tant, la vàlvula de fred està oberta per impulsar aire fred a la zona.

És quan arriba als 22 °C (punt 1) que el controlador no indica a la vàlvula de fred que es tanqui i que per tant, passi a impulsar aire de recirculació provinent de la mescla del retorn de la sala i l'aportació d'aire exterior. El problema ve doncs, que aquesta aportació d'aire exterior, per molt poca proporció (un 12,34 %) que tingui respecte l'aire de recirculació de la sala (87,66 %), té una temperatura molt més alta que la que hi ha a l'interior de la zona.

Aquest fet doncs, fa augmentar considerablement la temperatura de la sala de cultius fins a tal punt que en 2 time-steps (mitja hora sens impulsar) la temperatura s'ha tornat a disparar, sobrepassant el límit de la temperatura de consigna per el fred, fixat a 24 °C. És llavors quan torna a detectar que ha d'obrir el fred per baixar temperatura. Però com que no hi han càrregues tèrmiques, al obrir el fred la temperatura de la sala baixa moltíssim. Cal recordar que són les 2 de la matinada, no hi ha sol i la humitat és molt elevada.

Aquestes oscil·lacions es mantenen fins al punt 2, on un cop detecta que per temperatura ha de tancar la vàlvula de fred, el climatitzador impulsa de nou aire recircula. La diferència és que ara la temperatura exterior ha baixat 2 graus i fa que l'aire de mescla s'impulsi a una temperatura òptima per mantenir constant la temperatura fins al punt 3, que hi torna a haver-hi una oscil·lació de nou.

Però ja és acta seguit, al punt 4928 que equival a les 8 del matí que es pot apreciar que les corbes de temperatura agafen estabilitat. Això és degut, tal i com s'ha comentat, a l'inici de la jornada laboral i a la conseqüent encesa d'equips. És en aquest interval (del punt 4 al 5) que veiem com realment deixen d'oscil·lar les vàlvules i per tant, les temperatures.

De totes formes, tan és la demanda de fred (s'arriben als 27 °C a l'exterior) que s'ha de mantenir la vàlvula oberta durant tot el dia, per tal de poder garantir que les temperatures s'ajustin a les temperatures de consigna desitjades per l'usuari. Es veu clarament també (punt 5) quan s'acaba la jornada laboral, ja que la tendència de la corba de la temperatura de retorn, varia i comença a baixar progressivament.

És ja al punt 6, que degut a la baixada dràstica de la temperatura ambient (que tot i així no baixa dels 22 °C), la temperatura de la sala arriba als 22 °C i per tant, la vàlvula de fred es tanca de nou. Per últim es torna a veure una nova oscil·lació seguint la mateixa dinàmica que lo comentat anteriorment.

Cal deixar clar però que aquest comportament no significa que la simulació sigui errònia ni que el disseny de la instal·lació estigui mal calculada. Sí que és veritat, que la sala pot tenir problemes (i de fet, en té) per aquesta elevada diferència de càrrega tèrmica respecte la jornada laboral o l'època de l'any. Però cal diferenciar de que aquest comportament no vol dir que no funcioni la instal·lació, sinó que no està treballant en òptimes condicions.

Tal i com s'ha explicat anteriorment, les condicions varien molt en funció de la hora del dia i de l'època de l'any i per tant, és molt difícil escollir un únic climatitzador per a tots els períodes. La solució passaria per tenir un sistema de climatització que canviés per complert les seves prestacions en funció de la època de l'any. En aquest sentit, es podrien ajustar cabals d'impulsió de l'aire, la regulació de l'aportació d'aire exterior o bé les temperatures de l'aigua freda i calenta que entren als intercanviadors.

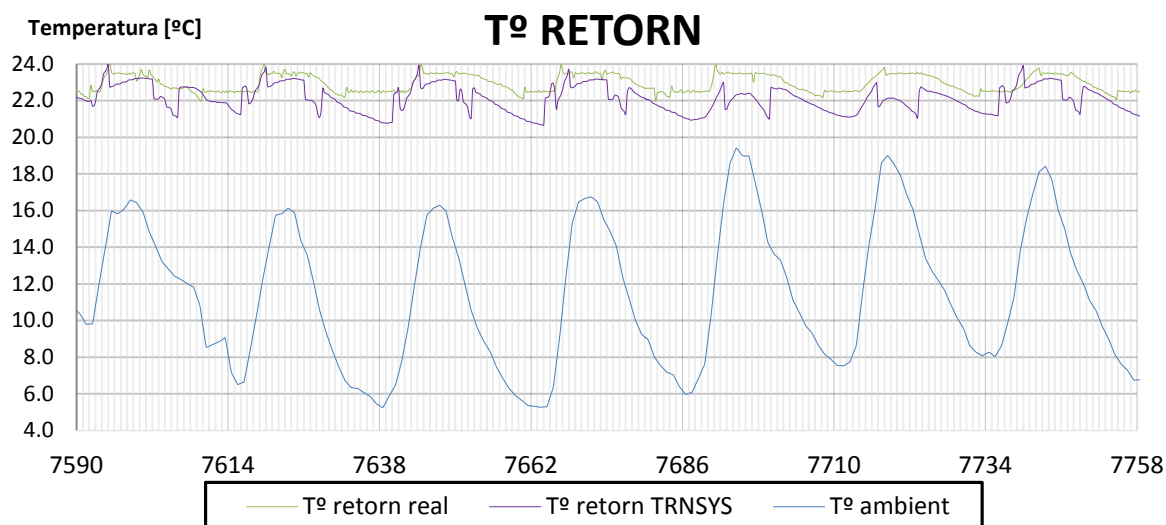
D'aquesta manera, s'estaria ajustant al punt de treball real del climatitzador i sobretot a la seva demanda real de potència calorífica i/o de refrigeració. Aquest ajust, permetria el climatitzador no anar obrint ni tancant tant sovint les vàlvules, que no hi hagi malbaratament d'energia i per tant, s'ajusti l'eficiència del sistema al màxim.

4.4.4. Comparació del model TRNSYS amb dades reals

Uns dels factors més interessants de l'elaboració d'aquest treball és la possibilitat de comparar el comportament de la simulació realitzada amb TRNSYS amb el comportament del sistema a la realitat. Aquesta comparació es pot fer gràcies al sistema Scada de l'edifici que ofereix la possibilitat d'enregistrar i guardar fins a 5000 punts o lectures per dia.

D'aquesta manera, es va seleccionar la temperatura de retorn de les sales com el valor més significatiu a comparar, ja que al cap i a la fi, és el resultat que es vol arribar a controlar. El període de recollida de mostres va ser de quasi bé tot el novembre, des del dia 27 d'octubre fins el dia 27 de novembre. De totes formes, tal i com ja ha passat en l'apartat anterior, les simulacions es poden veure amb claredat quan s'agafa un interval més petit, com ara una setmana

Així doncs, es decideix analitzar una setmana entremig del mes de novembre, de dimarts a dimarts, per poder veure així la diferència de comportament entre dies feiners i caps de setmana. La gràfica comença el dia 14 de novembre a les 6 del matí i acaba el dia 21, també a les 6 del matí.



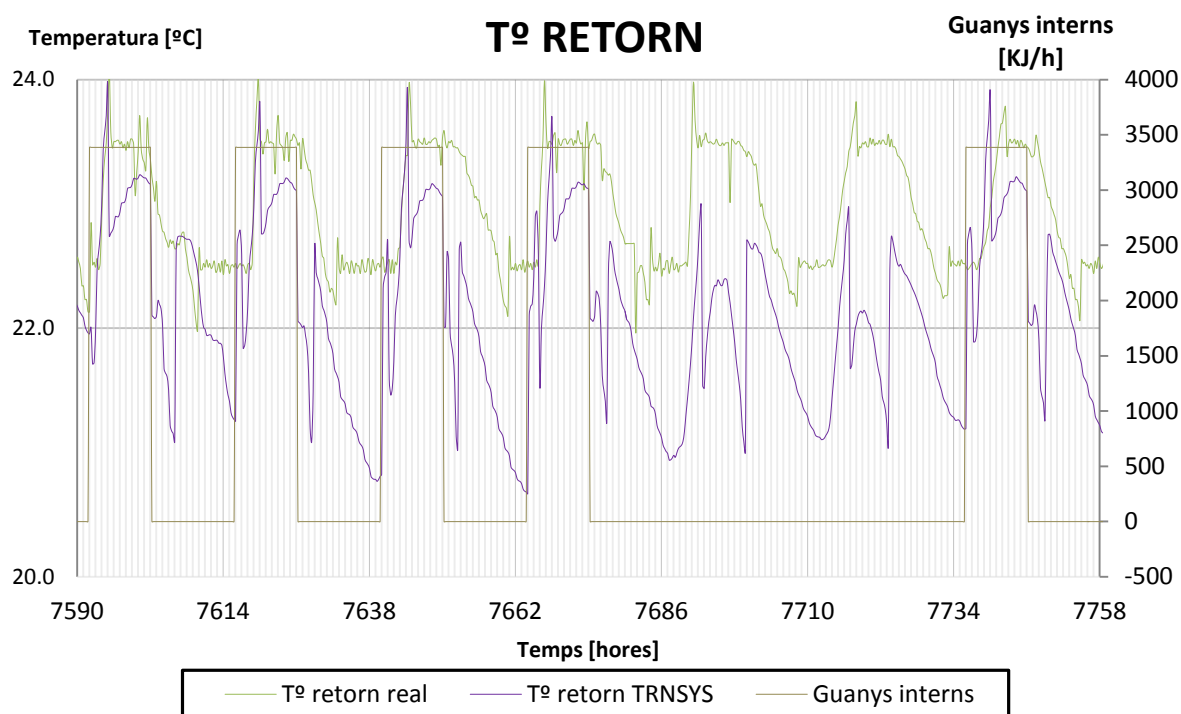
Gràfica 4.17. Comparació de la temperatura real de retorn amb la temperatura simulada. (Font: Pròpia)

Començant per la gràfica Gràfica 4.17, es pot veure la comparativa entre els dos valors de temperatura comentats: la temperatura de retorn real en aquest període i els resultats de la simulació mitjançant TRNSYS en el mateix interval. Alhora també s'ha situat la temperatura ambient per veure com varia la temperatura en funció del temps i com afecta aquesta a la zona.

En primer lloc ja es veu a simple vista el comportament que tenen ambdós casos respecte les hores del dia. La temperatura de la zona resulta tenir una evolució molt parella amb la corba de la temperatura exterior, que fa pensar doncs, que aquesta variació de temperatura, també afecta en gran quantitat a la zona d'estudi.

En aquest sentit, es pot apreciar en quin moment del dia la temperatura de la zona augmenta, en els dos casos, considerablement: entre 8 i 9 del matí. En aquesta franja és quan sol comença a pujar progressivament i té un impacte per complet en el passadís 2, que alhora fa que la temperatura de la sala de cultius augmenti. Tanmateix, és quan la jornada laboral comença i per tant quan s'encén tota la maquinària de la zona per començar a treballar.

Al mateix temps també es pot apreciar en quins dies cau el cap de setmana (entre el punt 7686 i el 7734). Tal i com es pot veure, tant a la simulació real com a la realitzada mitjançant TRNSYS hi ha una lleugera variació en el comportament degut majoritàriament a l'absència d'ocupació i a la no utilització dels equips i la il·luminació.



Gràfica 4.18. Comportament de la temperatura de retorn en front els guanys interns. (Font: Pròpia)

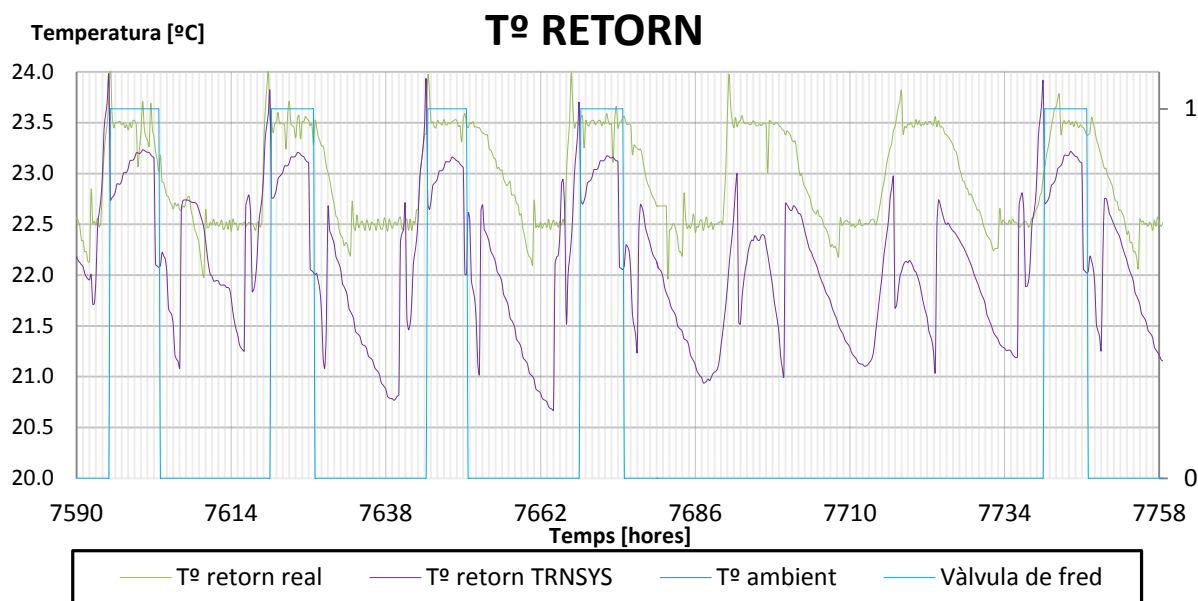
Aquest canvi de comportament entre dies laborables i caps de setmana, es pot veure més detallat a la gràfica anterior. En ella s'ha volgut representar els guanys interns comentats al paràgraf anterior que equivalen a totes les càrregues tèrmiques que s'assimilen que apareixen quan els investigadors comencen la seva activitat laboral.

Es veu doncs amb més claredat el període que comprèn el cap de setmana i com varia per complert el comportament. De fet es pot veure com els dies feiners el comportament segueix una tendència igual, i durant el cap de setmana, una altre de ben diferent. Entre altres, es pot veure com la temperatura en el cas de la simulació TRNSYS és menor i no s'arriba a tenir temperatures màximes com entre setmana.

Centrant-se ara amb l'eix de les absisses, es veu com la simulació TRNSYS està lleugerament desplaçada cap a l'esquerra respecte els resultats obtinguts de la realitat. El comportament és molt semblant però la simulació de TRNSYS en molts intervals, s'avança a la oscil·lació de la realitat, comportant un desajust horari.

S'ha de tenir en compte que la simulació mitjançant TRNSYS, s'ha realitzant seguint unes directrius concretes basades en el projecte original de l'edifici i amb el pla de funcionament del centre que utilitza la sala de cultius, el Centre de Regulació Genòmica. Tant és així que s'han seguit uns valors estàndards de funcionament, basats en una mitja anual o en una suposició de condicions.

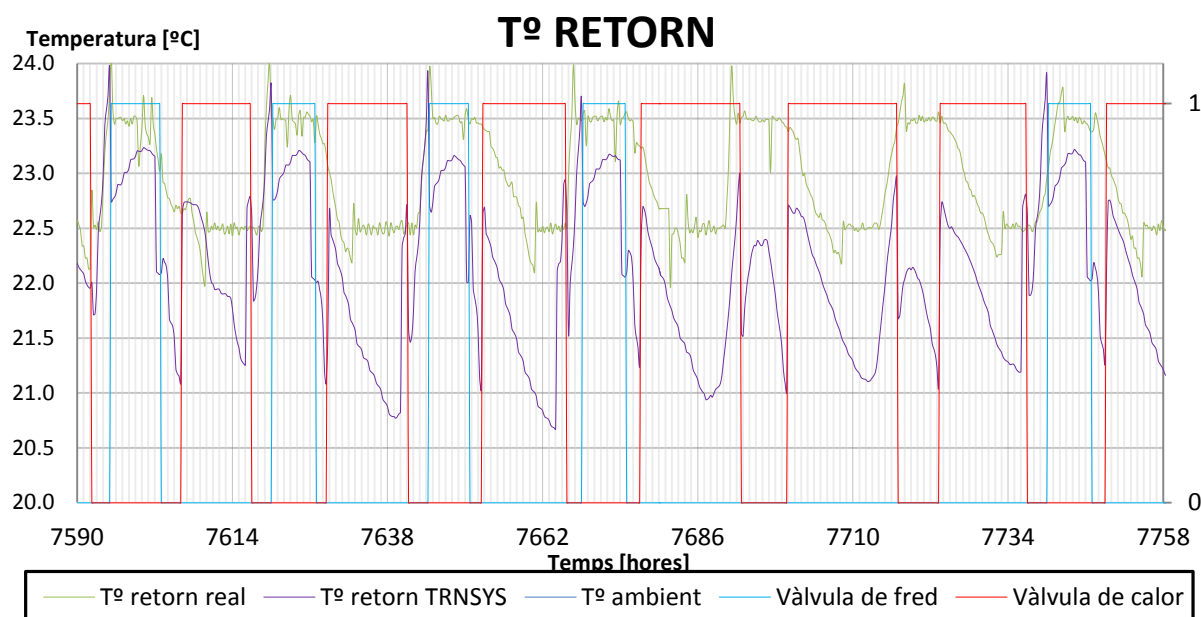
D'aquesta manera, la ocupació de la sala de cultius i per tant, factors com la il·luminació, la utilització de la maquinària o els mateixos guanys interns provocats per les persones, poden distanciar-se de la realitat. Que les màquines no s'engeguin fins a determinades hores concretes, que no s'engeguin tots els equips alhora, que estiguin funcionant tota la nit o cap de setmana o bé que simplement els treballadors entrin més tard a treballar i se'n vagin també més tard, poden marcar aquesta diferència entre la simulació de TRNSYS i la realitat.



Gràfica 4.19. Comportament de les temperatures de retorn real i simulada amb les obertures de la vàlvula de fred. (Font: Pròpia)

De totes formes, totes aquestes consideracions són petits errors que en una simulació més extensa portaria a realitzar una sèrie d'optimitzacions del sistema així com un estudi més curat de tots els factors que influencien en el resultat de la simulació. Així que en aquest cas, es pretén analitzar que el comportament i la dinàmica de la simulació i la realitat, siguin el més semblants possibles.

Analitzant doncs aquest aspecte, es pot veure com el sistema imputat a TRNSYS segueix la mateixa tendència que a la realitat, comportant-se de forma molt parella. A la gràfica Gràfica 4.19 per exemple, es pot apreciar que els punts màxims de temperatura són molt semblants i coincideixen a la mateixa hora amb bastant exactitud. Com s'observa, les pendent en l'augment i la disminució de la temperatura de retorn són molt semblants entre elles.



Gràfica 4.20. Comportament de les temperatures de retorn real i simulada amb refrigeració i calefacció. (Font: Pròpia)

A part dels pendents també es pot apreciar un altre factor que indica que la simulació realitzada s'assimila molt a la realitat és el fet de que les estabilitats tèrmiques de la sala de cultius, coincideixen en la majoria dels casos. Tal com s'ha analitzat ja en la simulació, a la realitat també es produeixen els canvis bruscs de temperatura al inici i al final de la jornada laboral.

Aquesta tendència es pot veure reflectida a la gràfica Gràfica 4.20, on les zones de més estabilitat la temperatura de retorn real coincideix en major part al moment d'obertura de les vàlvules segons la simulació de TRNSYS.

Per altre banda, cal destacar el perquè hi ha tanta diferència entre temperatures. La temperatura real de consigna de la sala és de 23 °C amb ± 1 °C de zona morta. Per tant, tal i com es mostra al gràfic, les temperatures han d'oscil·lar entre els 24 i els 22 °C. En canvi, la temperatura de retorn que ha calculat les simulacions dinàmiques de TRNSYS responen a un interval més ampli, movent-se dels 21 als 24 °C.

Com ja s'ha explicat anteriorment, aquesta diferència ve marcada per els punts de consigna que s'han introduït a les bateries de fred (23 °C) i de calor (22 °C) i les seves zones mortes ± 1 . En el seu moment es va provar de parametritzar la instal·lació tal i com està dissenyada, amb una temperatura de consigna de 23 °C. El problema és que el control que s'ha implementat a la sala de cultius del PRBB és molt extens, complex i molt difícil d'implementar a un programa de simulació energètica d'edificis.

El codi utilitzat a la realitat requereix d'un elevat nivell tècnic per elaborar tot un esquema de control capaç d'ajustar aquesta temperatura de consigna tant al detall. És per això doncs, que es considera l'actual control implementat a la simulació com la més aproximada possible al control existent, ja que respon a unes característiques molt semblants. Tal i com es pot veure el marge de temperatures està entre els 24 i els 21 graus en cada estació de l'any i per tant, compleix amb la normativa espanyola sobre els paràmetres per aconseguir un benestar tèrmic, que marca que estigui entre 20 °C i 24 °C.

(8)

Conclusions

El present projecte s'ha desenvolupat amb la finalitat d'aconseguir la implementació del model d'una sala biològica de cultius cel·lulars a un programa de simulació energètica d'edificis per tal de realitzar un anàlisi exhaustiu dels resultats.

D'aquesta manera, es comença realitzant pas a pas, la configuració del sistema al programa TRNSYS 17 i es detalla com funciona cada element del software. TRNSYS ofereix un nivell d'accessibilitat de nivell usuari i la seva còmode interfície permet aprendre de seguida quin és el funcionament dels programes de gestió energètica d'edificis.

En segon lloc, es realitza un anàlisi per entendre el comportament del sistema mitjançant simulacions dinàmiques. D'aquestes surten molta informació que s'utilitza per evaluar les temperatures i les condicions que conté la sala de cultius i com aquests valors venen determinats per altres factors com la temperatura ambient o el cabal d'aire d'aportació exterior.

Es realitzen dues simulacions que permeten visualitzar dos escenaris completament oposats: l'hivern i l'estiu. El primer d'aquests ofereix la possibilitat de veure la influència de les càrregues tèrmiques internes en l'augment de la temperatura interior de la zona, ja que el consum de fred en l'època més freda de l'any, és molt elevat.

Per altre banda, la simulació realitzada en període estival, permet veure entre moltes altres coses, les contínues oscil·lacions de temperatura i obertura de vàlvula que provoquen l'actual dimensionament de la simulació. S'ha pogut comprovar que aquest fet prové de les característiques de disseny de la unitat climatitzadora (UTA). Aquest s'ha dissenyat per donar ràpida resposta a les altes càrregues tèrmiques que conté la sala de cultius i per tant, s'ha dissenyat per el moment més desfavorable de l'any (el pic de l'estiu). Aquest fet provoca que la potència de refrigeració a l'estiu, en els moments del dia que no hi ha càrregues tèrmiques per equips, sigui massa elevada.

Finalment s'ha elaborat una comparació de resultats entre la temperatura de retorn del model obtingut amb les dades reals monitoritzades. S'ha pogut observar un comportament molt similar entre els dos casos, arribant a aconseguir una tendència de funcionament molt anàloga. En aquest punt s'observa dos factors influents que marquen la petita diferència entre resultats:

- Un petit desplaçament horari de les tendències de les corbes provocades per les variacions horàries contemplades en el projecte envers la realitat.

- Un desnivell en els rangs de temperatura de funcionament causada per la diferència a l'hora d'implementar el control de les vàlvules, degut a la complexitat del sistema de control.

Totes aquestes consideracions que s'han anat citant han portat a una interpretació dels resultats que permeten imaginar uns escenaris alternatius que permetin millorar la modelització del sistema i per tant, ajustar la simulació obtinguda al comportament real. Tanmateix, també apareix la possibilitat de realitzar una sèrie de millores que permetin buscar un punt òptim de funcionament de la instal·lació, millorant energèticament i eficientment el sistema. A continuació es mostren les més importants extrems de la memòria del treball.

Per començar, existeix una influència massa considerable de la temperatura d'aportació d'aire exterior envers les condicions de l'aire impulsat a la sala de cultius. S'ha pogut veure, que tot i la petita proporció que aquest aportació representa, pot ser capaç de fer alterar el sistema greument segons la època de l'any. En aquest sentit, es contempla la opció d'utilitzar un pre-tractament de l'aire exterior, de forma que aquest vingui marcat per unes condicions de temperatura més òptimes en funció de la demanda tèrmica de la zona.

Seguidament s'ha pogut observar que sobretot a l'estiu, l'obertura de la vàlvula de fred i la conseqüent impulsió d'aire refrigerat, té una conseqüència nefasta quan no hi ha ocupació a la sala. Per aquest motiu, es necessari contemplar diferents escenaris en funció de l'època de l'any. La utilització de diferents climatitzadors queda descartada per el seu cost i per tant, fa contemplar altres possibilitats per resoldre la problemàtica:

- Utilitzar comportes automàtiques de regulació d'aire d'aportació. D'aquesta forma, es limita el cabal impulsat a la sala de cultius i per tant, les renovacions hora disminuirien i la variació de la temperatura es comportaria de forma més lineal.
- Utilitzar com a regulació de control, vàlvules reguladores de caudal proporcional a les entrades de les bateries. Així es limita el cabal del fluid que passa per les bateries i l'intercanvi d'energia es produiria de forma més progressiva i constant.

El treball ha servit per poder demostrar com és d'important actualment un programa de simulació energètica d'edificis com és TRNSYS 17. L'avaluació prèvia a l'obra dels resultats del comportament d'aquesta, permet veure quins són els problemes que poden donar els sistemes a implementar i a partir d'aquí, buscar les solucions corresponents per tal d'optimitzar el sistema. És per aquest motiu doncs, que els programes de simulació d'edificis tenen, i sobretot tindran, un pes importantíssim en el disseny d'instal·lacions.

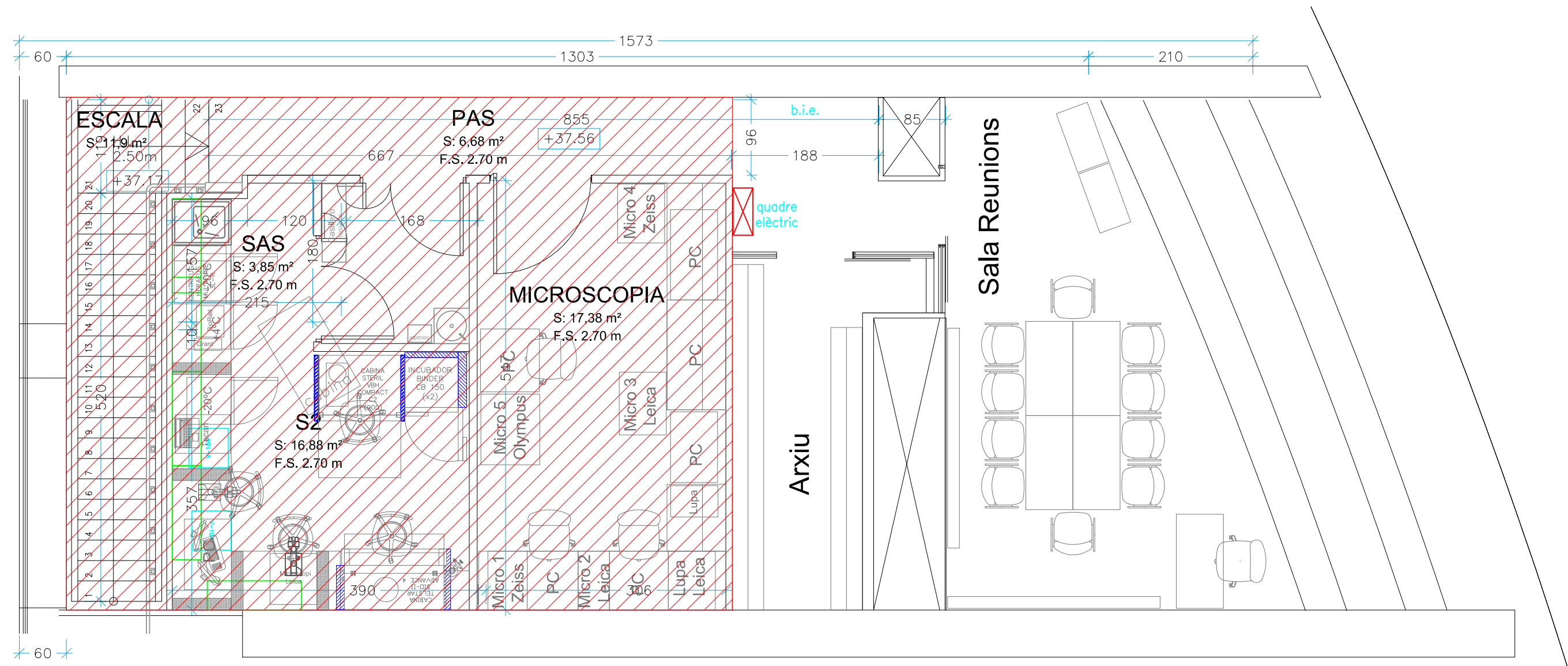
Bibliografia

1. **Martínez, Sergio.** «Oasys Outsourcing Automation Systems» [En línia] Available: 30 / 3 / 2017 <http://oasys-sw.com/que-son-sistemas-scada-industria-40/>. [Últim accés: 23 / Novembre / 2017].
2. **AENOR.** AENOR. [En línia] Noviembre / 2016.
https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjhirTciM_YAhUM7BQKHWQNDROQFggnMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.aenor.es%2Faenor%2Fdescarga_extracto.asp%3Fproducto%3DN0057435&usg=AOvVaw0k4eGInfel70VOvfHta9H_. [Últim accés: 30 / Novembre / 2017].
3. **Pérez, Iván Oropeza.** Mundo HVAC&R. [En línia]
20<https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2016/11/modelado-edificios-evolucion-nuevas-perspectivas/>. [Últim accés 15 / Novembre / 2017.].
4. **Lucas, F.** *A comparison between CODYRUN and TRNSYS, simulation models for thermal buildings behaviour.* s.l. : Université de la Réunion, 2012.
5. **TRNSYS.** *TRNSYS 17. Documentation.* [Últim accés: 03 / Gener / 2018].
6. **TRNSYS.** [En línia] <http://www.trnsys.com/tess-libraries/>. [Últim accés: 01 / desembre / 2017.]
7. **Goldiez, Brian F.** *Validation of a Transient Simulation Program (TRNSYS).* Florida : University of Central Florida Libraries, 1979. Vol. I.
8. Real Decreto 1751/1998. *Reglament d'instal·lacions tèrmiques en edificis (RITE) i les seves instruccions tècniques complementaries ITE.* 31 de juliol.
9. **Genyo.** [En línia] <http://www.genyo.es/content/unidad-de-cultivos-celulares>. [Últim accés 28 / Novembre / 2017.]

Annex A Plànols


A1. Plànol I-01. Implantació altell 5ª planta





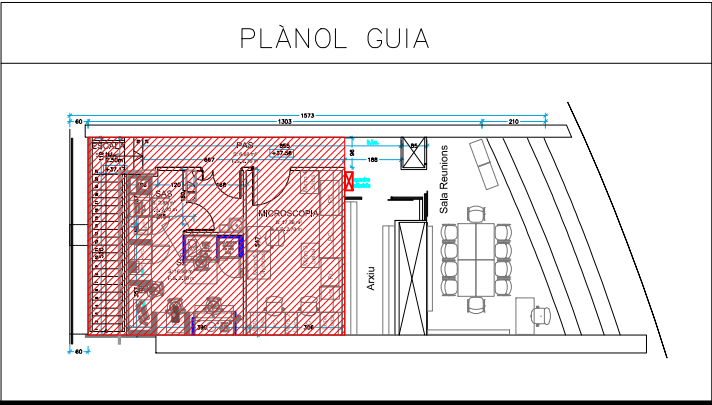
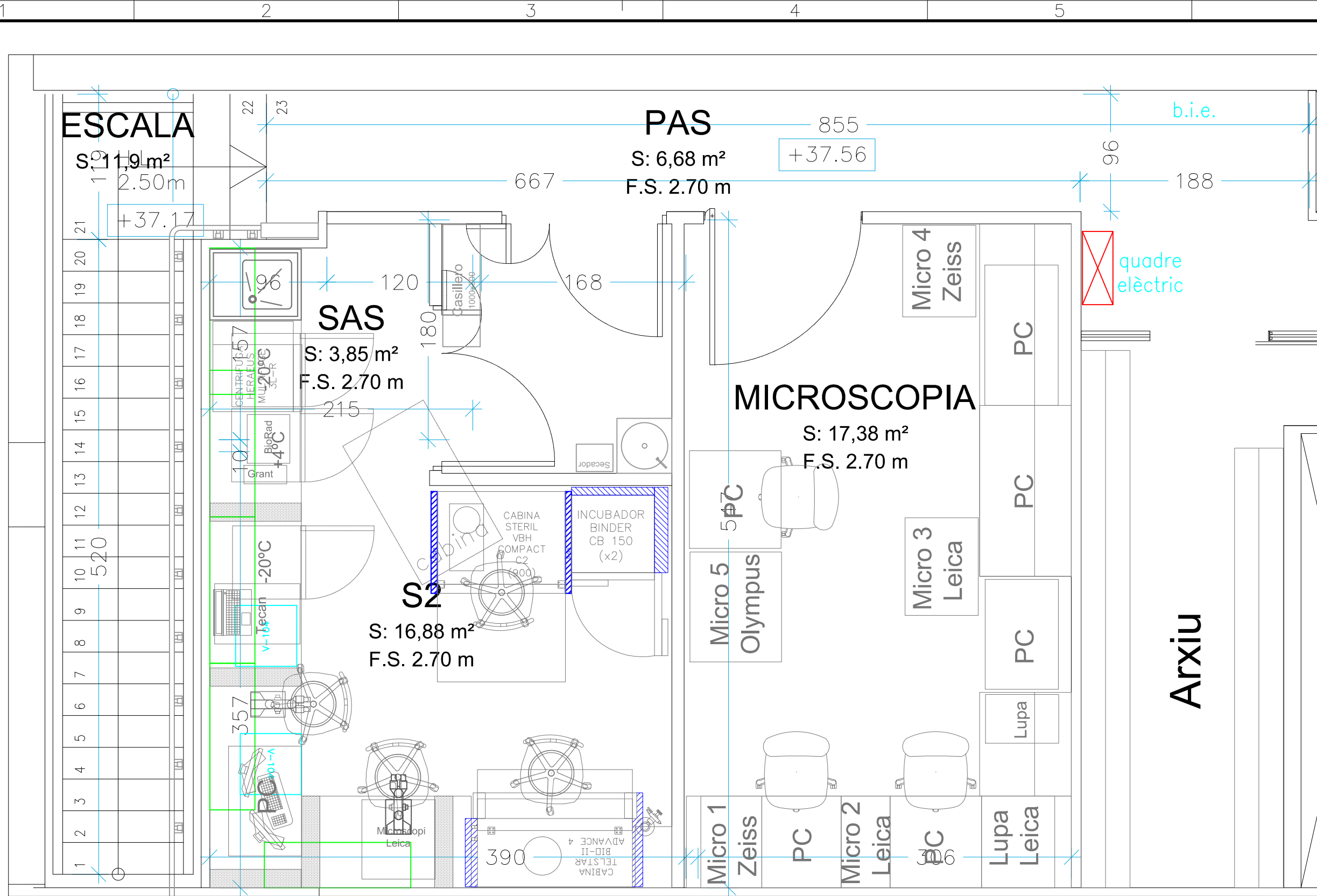
VISTA PLANTA E: 1/180
Altell 5a Planta


 Zona objecte d'estudi

00	Creació plànol	11.01.2018	A. Corredor	R. Torres	-
Rev.	Descripció revisió	Data	Autor	Revisat per	Aprobat per
	Projecte AVALUACIÓ ENERGÈTICA D'UNA SALA DE CULTIUS A PARTIR DE SIMULACIONS DINÀMIQUES	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH			
Escala 1/180	Títol Implantació Altell 5a Planta		PLÀNOL N° I-01		
			Data creació: 30.12.2017		
			Substitueix a: N/A		
			Substituït per: N/A		

A2. Plànol I-02. Implantació zona d'estudi

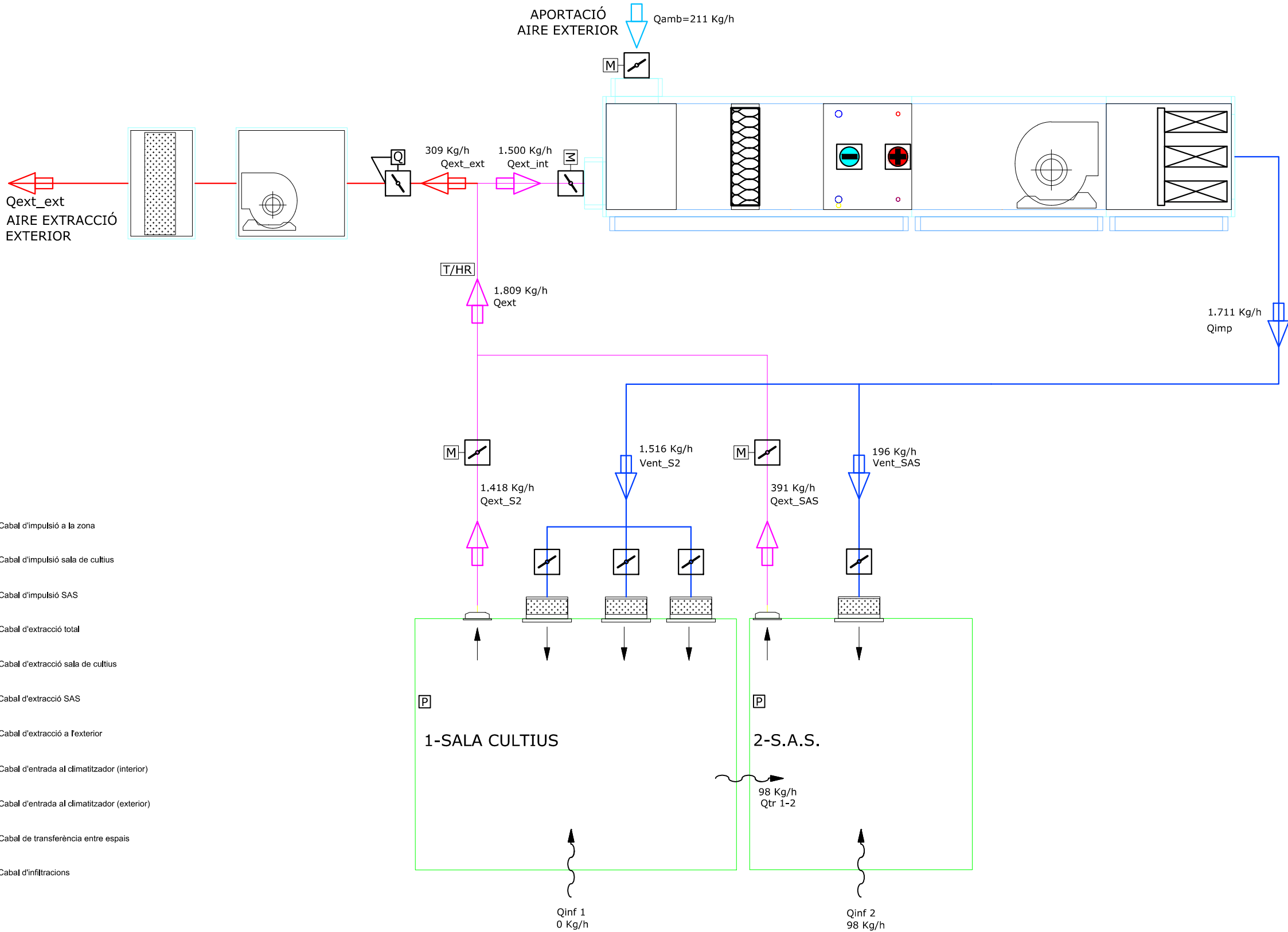




00	Creació plànol	11.01.2018	A. Corredor	R. Torres	-
Rev.	Descripció revisió	Data	Autor	Revisat per	Aprovat per
	Projecte AVALUACIÓ ENERGÈTICA D'UNA SALA DE CULTIUS A PARTIR DE SIMULACIONS DINÀMIQUES	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH			
Escala 1/300	Títol Implantació Zona d'Estudi			PLÀNOL N° I-02	
				Data creació: 30.12.2017	
				Substitueix a:	N/A
				Substituït per:	N/A

A3. Plànol E-01. Esquema UTA Sala de Cultius S2



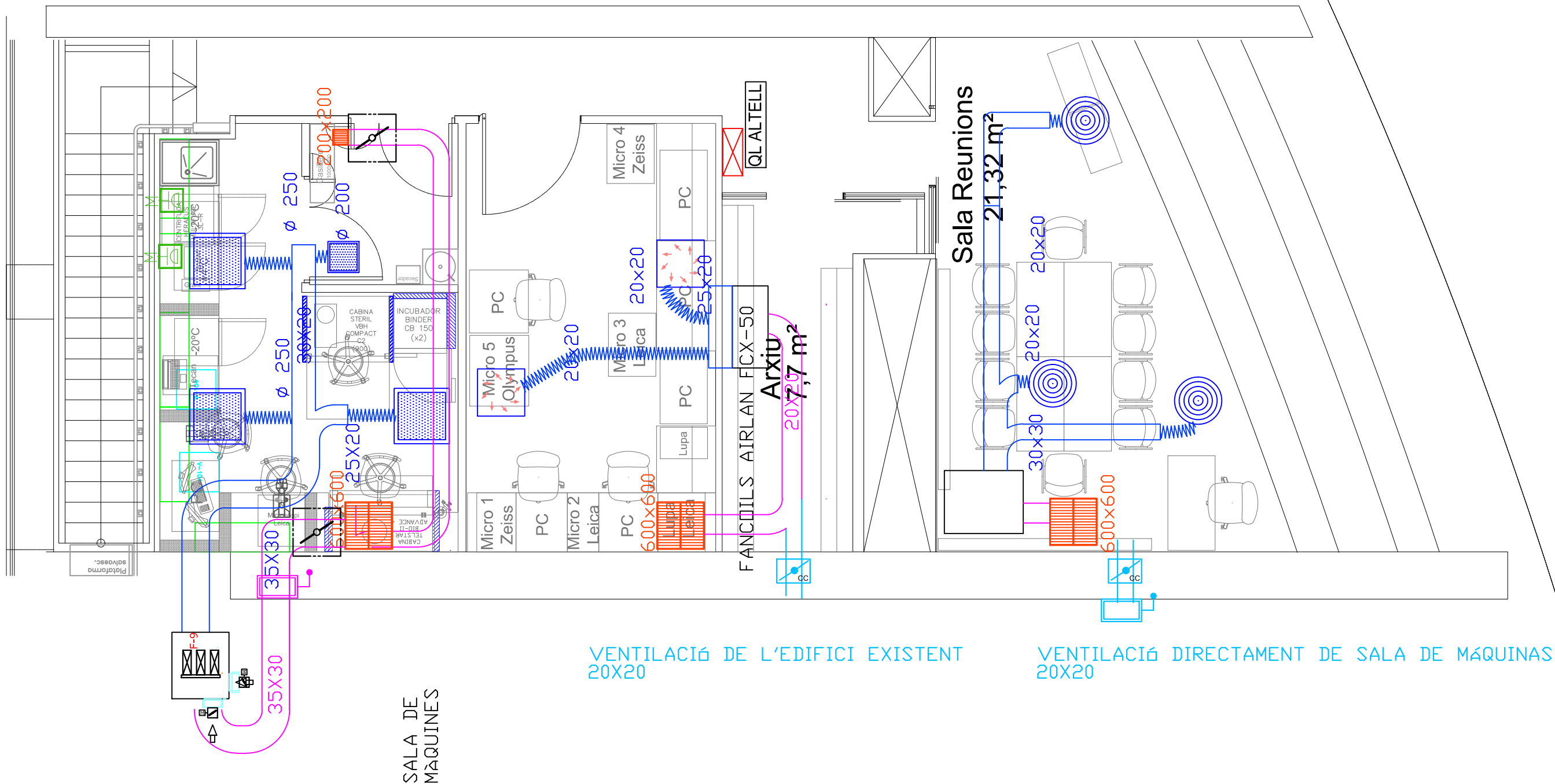


LLEGGENDA D'ELEMENTS I SÍMBOLS

	AIRE - IMPULSIÓ		COMPORTA D'AIRE AMB REGULACIÓ MANUAL		FILTRE DE BOSSA RÍGIDA DE PAPER PLEGAT CLASSE F-9
	AIRE - RETORN		COMPORTA D'AIRE AMB REGULACIÓ MOTORIZADA PROPORCIONAL		FILTRE ABSOLUT DE PAPER DE FIBRA DE VIDRE, AMB MARC D'ALUMINI CLASSE H-14
	AIRE - EXTRACCIÓ		VENTILADOR CENTRÍFUG AMB VARIADOR DE VELOCITAT.		COMPORTA D'AIRE DE CABAL CONSTANT
	AIRE - INFILTRACIONS		BATERIA AIGUA FREDA - AIRE.		SONDA DE PRESSIÓ
	UNITAT TERMINAL DE DIFUSIÓ AMB FILTRES ABSOLUTS H14		BATERIA AIGUA CALENTA - AIRE.		SONDA DE TEMPERATURA / HUMITAT RELATIVA
	CONJUNT DE REIXES DE RETORN		FILTRE PLA DE FIBRA SINTÈTICA AMB MARC DE CARTRÓ. CLASSE G-4		

00	Creació plànol	11.01.2018	A. Corredor	R. Torres	-
Rev.	Descripció revisió	Data	Autor	Revisat per	Aprobat per
	Projecte AVALUACIÓ ENERGÈTICA D'UNA SALA DE CULTIUS A PARTIR DE SIMULACIONS DINÀMIQUES	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH			
Escala S/E	Títol Esquema UTA Sala de Cultius S2			PLÀNOL N° E-01	
				Data creació: 30.12.2017	
				Substueix a:	N/A
				Substituït per:	N/A

A4. Plànol C-01. Distribució conductes impulsió i difusió



LLEGGENDA D'ELEMENTS I SÍMBOLS

	CONDUCTE RECTANGULAR DE XAPA D'ACER GALVANITZAT, AMB UNIONS PER MARC I AÏLLAT EXTERIORMENT AMB MANTA DE FIBRA TIPUS IBR, PER A LA IMPULSIÓ D'AIRE. DIMENSIONS SEGONS PLÀNOL.		COMPORTA D'AIRE REGULACIÓ.
	CONDUCTE RECTANGULAR DE XAPA D'ACER GALVANITZAT, AMB UNIONS PER MARC, PER AL RETORN D'AIRE. DIMENSIONS SEGONS PLÀNOL.		COMPORTA D'AIRE REGULACIÓ, CABAL CONSTANT.
	CONDUCTE CIRCULAR FLEXIBLE AÏLLAT, PER A LA IMPULSIÓ D'AIRE. DIMENSIONS Ø 250		DIFUSOR ROTACIONAL VDW 600/24 RANURES
	UNITAT TERMINAL DE DIFUSIÓ AMB FILTRES ABSOLUTS H14. DIMENSIONS 697x697x276 mm., CONNEXIÓ CIRCULAR LATERAL AMB COMPORTA INCORPORADA. CAMFIL MOD. SOFIDISTRI TECHO ACERO 6P6		REIXETA LINEAL IMPULSIÓ A PLA HORIZONTAL
	UNITAT TERMINAL DE DIFUSIÓ AMB FILTRES ABSOLUTS H14. DIMENSIONS 392x392x362 mm., CONNEXIÓ CIRCULAR LATERAL AMB COMPORTA INCORPORADA. CAMFIL MOD. SOFIDISTRI TECHO ACERO 3P6		COMPORTES TALLAFOC
	REIXA DE RETORN D'ALETES CORBADES FIXES A 45°, FABRICADA EN ALUMINI ANODITZAT LACAT EN BLANC RAL-9010. MODEL E-RA, DE LA MARCA EUROCLIMA. DIMENSIONS SEGONS PLÀNOL.		

00	Creació plànol	11.01.2018	A. Corredor	R. Torres	-
Rev.	Descripció revisió	Data	Autor	Revisat per	Aprovat per
	Projecte AVALUACIÓ ENERGÈTICA D'UNA SALA DE CULTIUS A PARTIR DE SIMULACIONS DINÀMIQUES	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH			
Escala 1/180	Títol Distribució Conductes Impulsió i Difusió			PLÀNOL N° C-01 Data creació: 30.12.2017 Substítueix a: N/A Substituit per: N/A	

Annex B Documentació

B1. Característiques models de superfícies



MODEL
A

Paret 1	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m ² ·K]
Capa interior (S2)	Revestiment de PVC homogeni	2.5	0.0025	0.601
Material 2	Pladur (guix laminat)	12.5	0.0125	
Material 3	Llana de roca	48	0.048	
Material 4	Pladur (guix laminat)	12.5	0.0125	
Total			0.0755	

MODEL
B

Paret 2	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m ² ·K]
Capa interior (S2)	Revestiment de PVC homogeni	2.5	0.0025	0.503
Material 2	Pladur (guix laminat)	15	0.015	
Material 3	Llana de roca	48	0.048	
Material 5	Formigó	500	0.5	
Total			0.5655	

MODEL
C

Paret 3	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m ² ·K]
Capa interior (SAS)	Revestiment de PVC homogeni	2.5	0.0025	0.595
Material 2	Pladur (guix laminat)	12.5	0.0125	
Material 3	Llana de roca	48	0.048	
Material 4	Pladur (guix laminat)	12.5	0.0125	
Capa exterior (S2)	Revestiment de PVC homogeni	2.5	0.0025	
Total			0.078	

MODEL D	Paret 4	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m²·K]
	Capa interior (passadís)	Pladur (guix laminat)	15	0.015	0.507
	Material 2	Llana de roca	48	0.048	
	Material 3	Formigó	500	0.5	
	Total			0.563	

MODEL E	Paret 5	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m²·K]
	Capa interior (passadís)	Pladur (guix laminat)	15	0.015	0.254
	Material 2	Llana de roca	48	0.048	
	Material 3	Formigó	535	0.535	
	Material 4	Poliuretà expandit	50	0.05	
	Material 5	Càmara d'aire	50	0.05	
	Material 6	Planxa de zinc	2	0.002	
	Total			0.7	

MODEL F	Finestra	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m²·K]
	Capa interior (passadís)	Vidre incolor	6	0.006	3
	Material 2	Camara d'aire deshidratat	8	0.008	
	Material 3	Vidre laminat	6	0.006	
	Total			0.02	

**MODEL
G**

Fals sostre 1	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m ² ·K]
Material interior	Alumini d'aleació 3105 H24	1	0.001	0.705
Material 2	Poliestirè expandit	50	0.05	
Material 3	Alumini d'aleació 3105 H24	1	0.001	
Total			0.052	

MODEL H

Fals sostre 2	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m ² ·K]
Material	Pladur (guix laminat)	15	0.015	4.348
Total			0.015	

**MODEL
I**

Teulada	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m ² ·K]
Material interior	Planxa acer prelacat Perfrisa	0.6	0.0006	0.469
Material 2	Poliuretà expandit	48.8	0.0488	
Material 3	Planxa acer prelacat Perfrisa	0.6	0.0006	
Material exterior	Planxa de zinc	2	0.002	
Total			0.052	

MODEL J

Teulada 2	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m ² ·K]
Material interior	Pladur (guix laminat)	15	0.015	0.457
Material 1	Planxa hacer prelacat Perfrisa	1	0.001	
Material 2	Poliuretà expandit	48.8	0.0488	
Material 3	Planxa hacer prelacat Perfrisa	1	0.001	
Material exterior	Planxa de zinc	2	0.002	
Total			0.0678	

MODEL K

Terra S2+SAS	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m ² ·K]
Capa interior	Revestiment de PVC homogeni	2.5	0.0025	1.75
Material 2	Paviment vinílic heterogeni	3.2	0.0032	
Material 3	Aglomerat de fusta d'alta densitat	25	0.025	
Material 4	Acer galvanitzat	1.8	0.0018	
Material 5	Càmara d'aire	310	0.31	
Capa exterior (S2)	Formigó	200	0.2	
Total			0.5425	

MODEL
L

Terra	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m ² ·K]
Capa interior	Paviment vinílic heterogeni	3.2	0.0032	1.805
Material 2	Aglomerat de fusta d'alta densitat	25	0.025	
Material 3	Acer galvanitzat	1.8	0.0018	
Material 4	Càmara d'aire	310	0.31	
Capa exterior (S2)	Formigó	200	0.2	
Total			0.54	

MODEL M

Paret 6	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m ² ·K]
Capa interior	Formigó	500	0.5	1.851
Total			0.5	

MODEL
N

Paret 7	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m ² ·K]
Capa interior (passadís)	Pladur (guix laminat)	15	0.015	2.709
Material 2	Càmara d'aire	48	0.048	
Material 3	Pladur (guix laminat)	15	0.015	
Total			0.078	

MODEL
O

Paret 8	Nom material	Espessor [mm]	Espessor [m]	Transmitància tèrmica [W/m ² ·K]
Capa interior (passadís)	Pladur (guix laminat)	15	0.015	3.448
Material 2	Pladur (guix laminat)	15	0.015	
Total			0.03	

B2. Punts de la simulació

Dia	Hora	Temps equivalent [hores]	T _a ambient	T _o retorn REAL	T _o retorn TRNSYS	Obertura vàlvula de fred	Obertura vàlvula de calor	Càrregues internes
13	6:00:00	7590.00	10.54	22.57	22.18	0.00	1.00	0
13	6:15:00	7590.25	10.45	22.53	22.14	0.00	1.00	0
13	6:30:00	7590.50	10.37	22.48	22.12	0.00	1.00	0
13	6:45:00	7590.75	10.23	22.34	22.10	0.00	1.00	0
13	7:00:00	7591.00	10.09	22.34	22.08	0.00	1.00	0
13	7:15:00	7591.25	9.95	22.23	22.02	0.00	1.00	0
13	7:30:00	7591.50	9.80	22.23	21.98	0.00	1.00	0
13	7:45:00	7591.75	9.80	22.13	21.96	0.00	1.00	0
13	8:00:00	7592.00	9.81	22.13	21.96	0.00	1.00	3388
13	8:15:00	7592.25	9.82	22.84	22.00	0.00	0.00	3388
13	8:30:00	7592.50	9.83	22.51	21.71	0.00	0.00	3388
13	8:45:00	7592.75	10.31	22.53	21.72	0.00	0.00	3388
13	9:00:00	7593.00	10.84	22.49	21.97	0.00	0.00	3388
13	9:15:00	7593.25	11.37	22.56	22.47	0.00	0.00	3388
13	9:30:00	7593.50	11.90	22.47	22.62	0.00	0.00	3388
13	9:45:00	7593.75	12.40	22.52	22.74	0.00	0.00	3388
13	10:00:00	7594.00	12.90	22.87	22.98	0.00	0.00	3388
13	10:15:00	7594.25	13.40	23.18	23.43	0.00	0.00	3388
13	10:30:00	7594.50	13.90	23.37	23.58	0.00	0.00	3388
13	10:45:00	7594.75	14.41	23.49	23.71	0.00	0.00	3388
13	11:00:00	7595.00	14.91	23.74	23.96	0.00	0.00	3388
13	11:15:00	7595.25	15.42	24.06	22.74	1.00	0.00	3388
13	11:30:00	7595.50	15.93	23.58	22.76	1.00	0.00	3388
13	11:45:00	7595.75	15.94	23.45	22.78	1.00	0.00	3388
13	12:00:00	7596.00	15.90	23.5	22.82	1.00	0.00	3388
13	12:15:00	7596.25	15.86	23.5	22.90	1.00	0.00	3388
13	12:30:00	7596.50	15.82	23.51	22.90	1.00	0.00	3388
13	12:45:00	7596.75	15.88	23.51	22.90	1.00	0.00	3388
13	13:00:00	7597.00	15.95	23.48	22.93	1.00	0.00	3388
13	13:15:00	7597.25	16.02	23.5	23.00	1.00	0.00	3388
13	13:30:00	7597.50	16.08	23.45	23.01	1.00	0.00	3388
13	13:45:00	7597.75	16.20	23.48	23.01	1.00	0.00	3388
13	14:00:00	7598.00	16.32	23.43	23.05	1.00	0.00	3388
13	14:15:00	7598.25	16.45	23.5	23.12	1.00	0.00	3388
13	14:30:00	7598.50	16.57	23.45	23.13	1.00	0.00	3388
13	14:45:00	7598.75	16.54	23.52	23.13	1.00	0.00	3388
13	15:00:00	7599.00	16.50	23.52	23.16	1.00	0.00	3388

13	15:15:00	7599.25	16.46	23.48	23.20	1.00	0.00	3388
13	15:30:00	7599.50	16.42	23.07	23.20	1.00	0.00	3388
13	15:45:00	7599.75	16.30	23.25	23.20	1.00	0.00	3388
13	16:00:00	7600.00	16.17	23.42	23.21	1.00	0.00	3388
13	16:15:00	7600.25	16.04	23.71	23.24	1.00	0.00	3388
13	16:30:00	7600.50	15.91	23.44	23.23	1.00	0.00	3388
13	16:45:00	7600.75	15.66	23.36	23.22	1.00	0.00	3388
13	17:00:00	7601.00	15.39	23.33	23.21	1.00	0.00	3388
13	17:15:00	7601.25	15.12	23.27	23.21	1.00	0.00	3388
13	17:30:00	7601.50	14.85	23.69	23.19	1.00	0.00	3388
13	17:45:00	7601.75	14.64	23.44	23.17	1.00	0.00	3388
13	18:00:00	7602.00	14.45	23.36	23.15	1.00	0.00	3388
13	18:15:00	7602.25	14.25	23.22	22.11	1.00	0.00	0
13	18:30:00	7602.50	14.06	23.13	22.09	1.00	0.00	0
13	18:45:00	7602.75	13.85	23.02	22.08	1.00	0.00	0
13	19:00:00	7603.00	13.65	23.18	22.10	0.00	0.00	0
13	19:15:00	7603.25	13.44	22.92	22.22	0.00	0.00	0
13	19:30:00	7603.50	13.23	22.91	22.19	0.00	0.00	0
13	19:45:00	7603.75	13.12	22.84	22.16	0.00	0.00	0
13	20:00:00	7604.00	13.02	22.78	22.03	0.00	0.00	0
13	20:15:00	7604.25	12.92	22.77	21.68	0.00	0.00	0
13	20:30:00	7604.50	12.82	22.72	21.64	0.00	0.00	0
13	20:45:00	7604.75	12.72	22.69	21.61	0.00	0.00	0
13	21:00:00	7605.00	12.62	22.65	21.50	0.00	0.00	0
13	21:15:00	7605.25	12.52	22.71	21.22	0.00	0.00	0
13	21:30:00	7605.50	12.42	22.68	21.17	0.00	0.00	0
13	21:45:00	7605.75	12.37	22.7	21.15	0.00	0.00	0
13	22:00:00	7606.00	12.33	22.64	21.09	0.00	0.00	0
13	22:15:00	7606.25	12.29	22.64	22.65	0.00	1.00	0
13	22:30:00	7606.50	12.24	22.68	22.73	0.00	1.00	0
13	22:45:00	7606.75	12.19	22.67	22.74	0.00	1.00	0
13	23:00:00	7607.00	12.13	22.73	22.74	0.00	1.00	0
13	23:15:00	7607.25	12.07	22.77	22.74	0.00	1.00	0
13	23:30:00	7607.50	12.02	22.77	22.73	0.00	1.00	0
13	23:45:00	7607.75	11.97	22.64	22.72	0.00	1.00	0
14	0:00:00	7608.00	11.92	22.57	22.72	0.00	1.00	0
14	0:15:00	7608.25	11.87	22.47	22.72	0.00	1.00	0
14	0:30:00	7608.50	11.82	22.42	22.71	0.00	1.00	0
14	0:45:00	7608.75	11.59	22.37	22.68	0.00	1.00	0
14	1:00:00	7609.00	11.34	22.3	22.64	0.00	1.00	0
14	1:15:00	7609.25	11.09	22.17	22.58	0.00	1.00	0
14	1:30:00	7609.50	10.84	22.05	22.53	0.00	1.00	0
14	1:45:00	7609.75	10.30	21.98	22.46	0.00	1.00	0

14	2:00:00	7610.00	9.73	22.63	22.34	0.00	1.00	0
14	2:15:00	7610.25	9.15	22.47	22.20	0.00	1.00	0
14	2:30:00	7610.50	8.58	22.47	22.09	0.00	1.00	0
14	2:45:00	7610.75	8.56	22.52	22.01	0.00	1.00	0
14	3:00:00	7611.00	8.60	22.49	21.99	0.00	1.00	0
14	3:15:00	7611.25	8.64	22.55	21.94	0.00	1.00	0
14	3:30:00	7611.50	8.69	22.49	21.94	0.00	1.00	0
14	3:45:00	7611.75	8.72	22.52	21.95	0.00	1.00	0
14	4:00:00	7612.00	8.76	22.48	21.94	0.00	1.00	0
14	4:15:00	7612.25	8.80	22.5	21.91	0.00	1.00	0
14	4:30:00	7612.50	8.84	22.54	21.90	0.00	1.00	0
14	4:45:00	7612.75	8.89	22.45	21.90	0.00	1.00	0
14	5:00:00	7613.00	8.94	22.47	21.90	0.00	1.00	0
14	5:15:00	7613.25	9.00	22.52	21.88	0.00	1.00	0
14	5:30:00	7613.50	9.05	22.45	21.88	0.00	1.00	0
14	5:45:00	7613.75	8.63	22.54	21.86	0.00	1.00	0
14	6:00:00	7614.00	8.15	22.43	21.77	0.00	1.00	0
14	6:15:00	7614.25	7.68	22.55	21.63	0.00	1.00	0
14	6:30:00	7614.50	7.20	22.5	21.54	0.00	1.00	0
14	6:45:00	7614.75	7.01	22.51	21.46	0.00	1.00	0
14	7:00:00	7615.00	6.84	22.44	21.41	0.00	1.00	0
14	7:15:00	7615.25	6.68	22.5	21.32	0.00	1.00	0
14	7:30:00	7615.50	6.52	22.51	21.29	0.00	1.00	0
14	7:45:00	7615.75	6.54	22.49	21.27	0.00	1.00	0
14	8:00:00	7616.00	6.58	22.52	21.25	0.00	1.00	3388
14	8:15:00	7616.25	6.62	22.48	22.67	0.00	1.00	3388
14	8:30:00	7616.50	6.65	22.5	22.75	0.00	1.00	3388
14	8:45:00	7616.75	7.06	22.52	22.79	0.00	1.00	3388
14	9:00:00	7617.00	7.50	22.5	22.59	0.00	0.00	3388
14	9:15:00	7617.25	7.95	22.51	21.84	0.00	0.00	3388
14	9:30:00	7617.50	8.40	22.48	21.86	0.00	0.00	3388
14	9:45:00	7617.75	8.87	22.44	21.97	0.00	0.00	3388
14	10:00:00	7618.00	9.34	22.51	22.17	0.00	0.00	3388
14	10:15:00	7618.25	9.81	22.52	22.50	0.00	0.00	3388
14	10:30:00	7618.50	10.28	22.47	22.63	0.00	0.00	3388
14	10:45:00	7618.75	10.78	22.53	22.75	0.00	0.00	3388
14	11:00:00	7619.00	11.28	23.21	22.97	0.00	0.00	3388
14	11:15:00	7619.25	11.77	23.59	23.33	0.00	0.00	3388
14	11:30:00	7619.50	12.27	23.83	23.47	0.00	0.00	3388
14	11:45:00	7619.75	12.71	24	23.59	0.00	0.00	3388
14	12:00:00	7620.00	13.15	23.52	23.80	0.00	0.00	3388
14	12:15:00	7620.25	13.59	23.5	22.76	1.00	0.00	3388
14	12:30:00	7620.50	14.03	23.4	22.76	1.00	0.00	3388

14	12:45:00	7620.75	14.45	23.49	22.79	1.00	0.00	3388
14	13:00:00	7621.00	14.87	23.5	22.85	1.00	0.00	3388
14	13:15:00	7621.25	15.29	23.6	22.95	1.00	0.00	3388
14	13:30:00	7621.50	15.71	23.49	22.97	1.00	0.00	3388
14	13:45:00	7621.75	15.77	23.5	22.99	1.00	0.00	3388
14	14:00:00	7622.00	15.79	23.49	23.02	1.00	0.00	3388
14	14:15:00	7622.25	15.81	23.48	23.07	1.00	0.00	3388
14	14:30:00	7622.50	15.83	23.24	23.08	1.00	0.00	3388
14	14:45:00	7622.75	15.90	23.58	23.08	1.00	0.00	3388
14	15:00:00	7623.00	15.97	23.71	23.11	1.00	0.00	3388
14	15:15:00	7623.25	16.05	23.49	23.16	1.00	0.00	3388
14	15:30:00	7623.50	16.12	23.47	23.16	1.00	0.00	3388
14	15:45:00	7623.75	16.07	23.45	23.16	1.00	0.00	3388
14	16:00:00	7624.00	16.01	23.35	23.18	1.00	0.00	3388
14	16:15:00	7624.25	15.94	23.53	23.21	1.00	0.00	3388
14	16:30:00	7624.50	15.88	23.57	23.20	1.00	0.00	3388
14	16:45:00	7624.75	15.53	23.34	23.19	1.00	0.00	3388
14	17:00:00	7625.00	15.15	23.51	23.17	1.00	0.00	3388
14	17:15:00	7625.25	14.77	23.51	23.17	1.00	0.00	3388
14	17:30:00	7625.50	14.39	23.56	23.14	1.00	0.00	3388
14	17:45:00	7625.75	14.17	23.54	23.12	1.00	0.00	3388
14	18:00:00	7626.00	13.98	23.52	23.10	1.00	0.00	3388
14	18:15:00	7626.25	13.78	23.47	22.06	1.00	0.00	0
14	18:30:00	7626.50	13.59	23.49	22.04	1.00	0.00	0
14	18:45:00	7626.75	13.24	23.28	22.03	1.00	0.00	0
14	19:00:00	7627.00	12.88	23.52	22.00	0.00	0.00	0
14	19:15:00	7627.25	12.52	23.45	22.02	0.00	0.00	0
14	19:30:00	7627.50	12.16	23.36	21.94	0.00	0.00	0
14	19:45:00	7627.75	11.76	23.32	21.85	0.00	0.00	0
14	20:00:00	7628.00	11.36	23.27	21.64	0.00	0.00	0
14	20:15:00	7628.25	10.96	23.27	21.20	0.00	0.00	0
14	20:30:00	7628.50	10.56	23.18	21.09	0.00	0.00	0
14	20:45:00	7628.75	10.26	23.07	21.49	0.00	1.00	0
14	21:00:00	7629.00	9.96	23.01	22.66	0.00	1.00	0
14	21:15:00	7629.25	9.67	22.95	22.45	0.00	1.00	0
14	21:30:00	7629.50	9.38	22.85	22.40	0.00	1.00	0
14	21:45:00	7629.75	9.13	22.76	22.35	0.00	1.00	0
14	22:00:00	7630.00	8.88	22.68	22.30	0.00	1.00	0
14	22:15:00	7630.25	8.63	22.58	22.18	0.00	1.00	0
14	22:30:00	7630.50	8.38	22.56	22.15	0.00	1.00	0
14	22:45:00	7630.75	8.16	22.44	22.10	0.00	1.00	0
14	23:00:00	7631.00	7.94	22.39	22.05	0.00	1.00	0
14	23:15:00	7631.25	7.72	22.37	21.92	0.00	1.00	0

14	23:30:00	7631.50	7.50	22.29	21.89	0.00	1.00	0
14	23:45:00	7631.75	7.31	22.32	21.85	0.00	1.00	0
15	0:00:00	7632.00	7.12	22.3	21.80	0.00	1.00	0
15	0:15:00	7632.25	6.94	22.23	21.67	0.00	1.00	0
15	0:30:00	7632.50	6.75	22.19	21.64	0.00	1.00	0
15	0:45:00	7632.75	6.64	22.72	21.61	0.00	1.00	0
15	1:00:00	7633.00	6.54	22.49	21.57	0.00	1.00	0
15	1:15:00	7633.25	6.45	22.44	21.45	0.00	1.00	0
15	1:30:00	7633.50	6.35	22.59	21.43	0.00	1.00	0
15	1:45:00	7633.75	6.33	22.47	21.41	0.00	1.00	0
15	2:00:00	7634.00	6.32	22.5	21.39	0.00	1.00	0
15	2:15:00	7634.25	6.31	22.53	21.32	0.00	1.00	0
15	2:30:00	7634.50	6.30	22.5	21.31	0.00	1.00	0
15	2:45:00	7634.75	6.25	22.44	21.30	0.00	1.00	0
15	3:00:00	7635.00	6.19	22.54	21.28	0.00	1.00	0
15	3:15:00	7635.25	6.13	22.5	21.21	0.00	1.00	0
15	3:30:00	7635.50	6.08	22.44	21.19	0.00	1.00	0
15	3:45:00	7635.75	6.02	22.52	21.18	0.00	1.00	0
15	4:00:00	7636.00	5.97	22.5	21.15	0.00	1.00	0
15	4:15:00	7636.25	5.92	22.5	21.09	0.00	1.00	0
15	4:30:00	7636.50	5.86	22.44	21.07	0.00	1.00	0
15	4:45:00	7636.75	5.76	22.55	21.05	0.00	1.00	0
15	5:00:00	7637.00	5.66	22.5	21.02	0.00	1.00	0
15	5:15:00	7637.25	5.56	22.45	20.95	0.00	1.00	0
15	5:30:00	7637.50	5.46	22.46	20.92	0.00	1.00	0
15	5:45:00	7637.75	5.40	22.56	20.90	0.00	1.00	0
15	6:00:00	7638.00	5.35	22.51	20.87	0.00	1.00	0
15	6:15:00	7638.25	5.30	22.43	20.81	0.00	1.00	0
15	6:30:00	7638.50	5.25	22.55	20.79	0.00	1.00	0
15	6:45:00	7638.75	5.39	22.5	20.78	0.00	1.00	0
15	7:00:00	7639.00	5.55	22.46	20.78	0.00	1.00	0
15	7:15:00	7639.25	5.72	22.51	20.77	0.00	1.00	0
15	7:30:00	7639.50	5.88	22.52	20.78	0.00	1.00	0
15	7:45:00	7639.75	6.02	22.49	20.81	0.00	1.00	0
15	8:00:00	7640.00	6.17	22.55	20.83	0.00	1.00	3388
15	8:15:00	7640.25	6.32	22.57	22.32	0.00	1.00	3388
15	8:30:00	7640.50	6.47	22.45	22.41	0.00	1.00	3388
15	8:45:00	7640.75	6.78	22.49	22.46	0.00	1.00	3388
15	9:00:00	7641.00	7.11	22.53	22.69	0.00	1.00	3388
15	9:15:00	7641.25	7.44	22.55	21.59	0.00	0.00	3388
15	9:30:00	7641.50	7.77	22.44	21.46	0.00	0.00	3388
15	9:45:00	7641.75	8.22	22.55	21.52	0.00	0.00	3388
15	10:00:00	7642.00	8.68	22.44	21.73	0.00	0.00	3388

15	10:15:00	7642.25	9.14	22.53	22.10	0.00	0.00	3388
15	10:30:00	7642.50	9.59	22.51	22.23	0.00	0.00	3388
15	10:45:00	7642.75	10.16	22.64	22.35	0.00	0.00	3388
15	11:00:00	7643.00	10.73	22.65	22.58	0.00	0.00	3388
15	11:15:00	7643.25	11.30	22.91	22.96	0.00	0.00	3388
15	11:30:00	7643.50	11.87	23.11	23.11	0.00	0.00	3388
15	11:45:00	7643.75	12.41	23.25	23.25	0.00	0.00	3388
15	12:00:00	7644.00	12.95	23.39	23.49	0.00	0.00	3388
15	12:15:00	7644.25	13.48	23.39	23.92	0.00	0.00	3388
15	12:30:00	7644.50	14.02	23.96	22.71	1.00	0.00	3388
15	12:45:00	7644.75	14.45	23.8	22.65	1.00	0.00	3388
15	13:00:00	7645.00	14.88	23.5	22.73	1.00	0.00	3388
15	13:15:00	7645.25	15.30	23.51	22.88	1.00	0.00	3388
15	13:30:00	7645.50	15.73	23.46	22.90	1.00	0.00	3388
15	13:45:00	7645.75	15.85	23.45	22.92	1.00	0.00	3388
15	14:00:00	7646.00	15.94	23.52	22.95	1.00	0.00	3388
15	14:15:00	7646.25	16.03	23.5	23.02	1.00	0.00	3388
15	14:30:00	7646.50	16.12	23.49	23.03	1.00	0.00	3388
15	14:45:00	7646.75	16.17	23.48	23.03	1.00	0.00	3388
15	15:00:00	7647.00	16.21	23.53	23.06	1.00	0.00	3388
15	15:15:00	7647.25	16.25	23.48	23.12	1.00	0.00	3388
15	15:30:00	7647.50	16.29	23.48	23.12	1.00	0.00	3388
15	15:45:00	7647.75	16.22	23.5	23.11	1.00	0.00	3388
15	16:00:00	7648.00	16.14	23.49	23.13	1.00	0.00	3388
15	16:15:00	7648.25	16.06	23.51	23.16	1.00	0.00	3388
15	16:30:00	7648.50	15.98	23.52	23.16	1.00	0.00	3388
15	16:45:00	7648.75	15.65	23.53	23.14	1.00	0.00	3388
15	17:00:00	7649.00	15.29	23.52	23.13	1.00	0.00	3388
15	17:15:00	7649.25	14.93	23.46	23.12	1.00	0.00	3388
15	17:30:00	7649.50	14.58	23.47	23.09	1.00	0.00	3388
15	17:45:00	7649.75	14.29	23.31	23.07	1.00	0.00	3388
15	18:00:00	7650.00	14.01	23.53	23.06	1.00	0.00	3388
15	18:15:00	7650.25	13.74	23.59	22.01	1.00	0.00	0
15	18:30:00	7650.50	13.46	23.49	22.01	1.00	0.00	0
15	18:45:00	7650.75	13.10	23.45	22.61	0.00	0.00	0
15	19:00:00	7651.00	12.74	23.5	22.55	0.00	0.00	0
15	19:15:00	7651.25	12.37	23.49	21.96	0.00	0.00	0
15	19:30:00	7651.50	12.01	23.51	21.86	0.00	0.00	0
15	19:45:00	7651.75	11.65	23.46	21.77	0.00	0.00	0
15	20:00:00	7652.00	11.29	23.46	21.57	0.00	0.00	0
15	20:15:00	7652.25	10.93	23.45	21.13	0.00	0.00	0
15	20:30:00	7652.50	10.57	23.45	21.03	0.00	0.00	0
15	20:45:00	7652.75	10.31	23.42	22.63	0.00	1.00	0

15	21:00:00	7653.00	10.07	23.4	22.69	0.00	1.00	0
15	21:15:00	7653.25	9.83	23.39	22.46	0.00	1.00	0
15	21:30:00	7653.50	9.58	23.38	22.42	0.00	1.00	0
15	21:45:00	7653.75	9.40	23.38	22.38	0.00	1.00	0
15	22:00:00	7654.00	9.23	23.25	22.33	0.00	1.00	0
15	22:15:00	7654.25	9.05	23.23	22.24	0.00	1.00	0
15	22:30:00	7654.50	8.88	23.2	22.21	0.00	1.00	0
15	22:45:00	7654.75	8.73	23.15	22.17	0.00	1.00	0
15	23:00:00	7655.00	8.59	23.14	22.13	0.00	1.00	0
15	23:15:00	7655.25	8.45	23.05	22.04	0.00	1.00	0
15	23:30:00	7655.50	8.31	23.06	22.01	0.00	1.00	0
15	23:45:00	7655.75	8.11	23.03	21.98	0.00	1.00	0
16	0:00:00	7656.00	7.90	23.03	21.93	0.00	1.00	0
16	0:15:00	7656.25	7.69	22.95	21.81	0.00	1.00	0
16	0:30:00	7656.50	7.48	22.91	21.78	0.00	1.00	0
16	0:45:00	7656.75	7.32	22.88	21.74	0.00	1.00	0
16	1:00:00	7657.00	7.17	22.9	21.69	0.00	1.00	0
16	1:15:00	7657.25	7.02	22.92	21.58	0.00	1.00	0
16	1:30:00	7657.50	6.86	22.79	21.56	0.00	1.00	0
16	1:45:00	7657.75	6.72	22.79	21.53	0.00	1.00	0
16	2:00:00	7658.00	6.59	22.78	21.48	0.00	1.00	0
16	2:15:00	7658.25	6.45	22.71	21.37	0.00	1.00	0
16	2:30:00	7658.50	6.31	22.69	21.35	0.00	1.00	0
16	2:45:00	7658.75	6.21	22.59	21.32	0.00	1.00	0
16	3:00:00	7659.00	6.11	22.6	21.28	0.00	1.00	0
16	3:15:00	7659.25	6.02	22.46	21.19	0.00	1.00	0
16	3:30:00	7659.50	5.92	22.39	21.17	0.00	1.00	0
16	3:45:00	7659.75	5.85	22.3	21.15	0.00	1.00	0
16	4:00:00	7660.00	5.78	22.22	21.12	0.00	1.00	0
16	4:15:00	7660.25	5.72	22.18	21.04	0.00	1.00	0
16	4:30:00	7660.50	5.65	22.16	21.02	0.00	1.00	0
16	4:45:00	7660.75	5.58	22.1	21.00	0.00	1.00	0
16	5:00:00	7661.00	5.51	22.73	20.97	0.00	1.00	0
16	5:15:00	7661.25	5.44	22.47	20.88	0.00	1.00	0
16	5:30:00	7661.50	5.37	22.49	20.87	0.00	1.00	0
16	5:45:00	7661.75	5.35	22.47	20.86	0.00	1.00	0
16	6:00:00	7662.00	5.35	22.52	20.84	0.00	1.00	0
16	6:15:00	7662.25	5.34	22.46	20.79	0.00	1.00	0
16	6:30:00	7662.50	5.33	22.5	20.77	0.00	1.00	0
16	6:45:00	7662.75	5.31	22.51	20.77	0.00	1.00	0
16	7:00:00	7663.00	5.30	22.47	20.75	0.00	1.00	0
16	7:15:00	7663.25	5.29	22.55	20.71	0.00	1.00	0
16	7:30:00	7663.50	5.27	22.45	20.69	0.00	1.00	0

16	7:45:00	7663.75	5.28	22.5	20.68	0.00	1.00	0
16	8:00:00	7664.00	5.29	22.54	20.67	0.00	1.00	3388
16	8:15:00	7664.25	5.30	22.49	22.11	0.00	1.00	3388
16	8:30:00	7664.50	5.31	22.52	22.18	0.00	1.00	3388
16	8:45:00	7664.75	5.55	22.47	22.20	0.00	1.00	3388
16	9:00:00	7665.00	5.82	22.53	22.41	0.00	1.00	3388
16	9:15:00	7665.25	6.08	22.49	22.90	0.00	1.00	3388
16	9:30:00	7665.50	6.35	22.55	22.94	0.00	1.00	3388
16	9:45:00	7665.75	6.99	22.5	22.59	0.00	0.00	3388
16	10:00:00	7666.00	7.67	22.98	21.53	0.00	0.00	3388
16	10:15:00	7666.25	8.34	23.28	21.99	0.00	0.00	3388
16	10:30:00	7666.50	9.02	23.51	22.16	0.00	0.00	3388
16	10:45:00	7666.75	9.83	23.99	22.34	0.00	0.00	3388
16	11:00:00	7667.00	10.66	23.66	22.61	0.00	0.00	3388
16	11:15:00	7667.25	11.49	23.45	22.99	0.00	0.00	3388
16	11:30:00	7667.50	12.32	23.5	23.20	0.00	0.00	3388
16	11:45:00	7667.75	13.06	23.5	23.40	0.00	0.00	3388
16	12:00:00	7668.00	13.79	23.48	23.68	0.00	0.00	3388
16	12:15:00	7668.25	14.52	23.55	22.74	1.00	0.00	3388
16	12:30:00	7668.50	15.25	23.57	22.70	1.00	0.00	3388
16	12:45:00	7668.75	15.58	23.25	22.73	1.00	0.00	3388
16	13:00:00	7669.00	15.86	23.52	22.79	1.00	0.00	3388
16	13:15:00	7669.25	16.15	23.48	22.90	1.00	0.00	3388
16	13:30:00	7669.50	16.43	23.47	22.92	1.00	0.00	3388
16	13:45:00	7669.75	16.51	23.51	22.93	1.00	0.00	3388
16	14:00:00	7670.00	16.56	23.52	22.97	1.00	0.00	3388
16	14:15:00	7670.25	16.61	23.52	23.04	1.00	0.00	3388
16	14:30:00	7670.50	16.66	23.48	23.04	1.00	0.00	3388
16	14:45:00	7670.75	16.68	23.5	23.04	1.00	0.00	3388
16	15:00:00	7671.00	16.70	23.52	23.07	1.00	0.00	3388
16	15:15:00	7671.25	16.72	23.52	23.12	1.00	0.00	3388
16	15:30:00	7671.50	16.74	23.47	23.13	1.00	0.00	3388
16	15:45:00	7671.75	16.68	23.51	23.13	1.00	0.00	3388
16	16:00:00	7672.00	16.62	23.49	23.14	1.00	0.00	3388
16	16:15:00	7672.25	16.55	23.59	23.17	1.00	0.00	3388
16	16:30:00	7672.50	16.49	23.52	23.17	1.00	0.00	3388
16	16:45:00	7672.75	16.26	23.48	23.16	1.00	0.00	3388
16	17:00:00	7673.00	16.02	23.49	23.15	1.00	0.00	3388
16	17:15:00	7673.25	15.78	23.11	23.16	1.00	0.00	3388
16	17:30:00	7673.50	15.53	23.52	23.14	1.00	0.00	3388
16	17:45:00	7673.75	15.36	23.66	23.13	1.00	0.00	3388
16	18:00:00	7674.00	15.20	23.45	23.12	1.00	0.00	3388
16	18:15:00	7674.25	15.04	23.5	22.08	1.00	0.00	0

16	18:30:00	7674.50	14.88	23.51	22.07	1.00	0.00	0
16	18:45:00	7674.75	14.68	23.55	22.06	1.00	0.00	0
16	19:00:00	7675.00	14.47	23.56	22.10	0.00	0.00	0
16	19:15:00	7675.25	14.27	23.5	22.30	0.00	0.00	0
16	19:30:00	7675.50	14.06	23.48	22.28	0.00	0.00	0
16	19:45:00	7675.75	13.66	23.49	22.23	0.00	0.00	0
16	20:00:00	7676.00	13.24	23.47	22.02	0.00	0.00	0
16	20:15:00	7676.25	12.81	23.19	21.62	0.00	0.00	0
16	20:30:00	7676.50	12.39	23.28	21.50	0.00	0.00	0
16	20:45:00	7676.75	12.09	23.26	21.41	0.00	0.00	0
16	21:00:00	7677.00	11.81	23.25	21.25	0.00	0.00	0
16	21:15:00	7677.25	11.52	23.23	22.43	0.00	1.00	0
16	21:30:00	7677.50	11.24	23.24	22.70	0.00	1.00	0
16	21:45:00	7677.75	10.94	23.18	22.67	0.00	1.00	0
16	22:00:00	7678.00	10.65	23.08	22.60	0.00	1.00	0
16	22:15:00	7678.25	10.35	23	22.48	0.00	1.00	0
16	22:30:00	7678.50	10.06	22.92	22.41	0.00	1.00	0
16	22:45:00	7678.75	9.85	22.88	22.36	0.00	1.00	0
16	23:00:00	7679.00	9.65	22.84	22.31	0.00	1.00	0
16	23:15:00	7679.25	9.46	22.79	22.24	0.00	1.00	0
16	23:30:00	7679.50	9.26	22.76	22.20	0.00	1.00	0
16	23:45:00	7679.75	9.18	22.73	22.16	0.00	1.00	0
17	0:00:00	7680.00	9.11	22.68	22.14	0.00	1.00	0
17	0:15:00	7680.25	9.04	22.68	22.07	0.00	1.00	0
17	0:30:00	7680.50	8.98	22.68	22.06	0.00	1.00	0
17	0:45:00	7680.75	8.76	22.68	22.03	0.00	1.00	0
17	1:00:00	7681.00	8.52	22.68	21.98	0.00	1.00	0
17	1:15:00	7681.25	8.29	22.68	21.88	0.00	1.00	0
17	1:30:00	7681.50	8.05	22.68	21.83	0.00	1.00	0
17	1:45:00	7681.75	7.92	21.96	21.79	0.00	1.00	0
17	2:00:00	7682.00	7.80	22.44	21.75	0.00	1.00	0
17	2:15:00	7682.25	7.67	22.45	21.69	0.00	1.00	0
17	2:30:00	7682.50	7.55	22.5	21.66	0.00	1.00	0
17	2:45:00	7682.75	7.46	22.5	21.63	0.00	1.00	0
17	3:00:00	7683.00	7.37	22.44	21.59	0.00	1.00	0
17	3:15:00	7683.25	7.28	22.37	21.50	0.00	1.00	0
17	3:30:00	7683.50	7.19	22.23	21.48	0.00	1.00	0
17	3:45:00	7683.75	7.15	22.23	21.47	0.00	1.00	0
17	4:00:00	7684.00	7.11	22.19	21.44	0.00	1.00	0
17	4:15:00	7684.25	7.08	22.8	21.37	0.00	1.00	0
17	4:30:00	7684.50	7.05	22.56	21.36	0.00	1.00	0
17	4:45:00	7684.75	6.89	22.46	21.35	0.00	1.00	0
17	5:00:00	7685.00	6.73	22.49	21.31	0.00	1.00	0

17	5:15:00	7685.25	6.56	22.46	21.22	0.00	1.00	0
17	5:30:00	7685.50	6.40	22.52	21.18	0.00	1.00	0
17	5:45:00	7685.75	6.29	22.6	21.15	0.00	1.00	0
17	6:00:00	7686.00	6.18	22.42	21.12	0.00	1.00	0
17	6:15:00	7686.25	6.08	22.48	21.06	0.00	1.00	0
17	6:30:00	7686.50	5.98	22.47	21.03	0.00	1.00	0
17	6:45:00	7686.75	6.00	22.54	21.01	0.00	1.00	0
17	7:00:00	7687.00	6.03	22.54	20.99	0.00	1.00	0
17	7:15:00	7687.25	6.06	22.44	20.94	0.00	1.00	0
17	7:30:00	7687.50	6.09	22.51	20.94	0.00	1.00	0
17	7:45:00	7687.75	6.27	22.57	20.96	0.00	1.00	0
17	8:00:00	7688.00	6.46	22.47	20.98	0.00	1.00	0
17	8:15:00	7688.25	6.64	22.48	20.96	0.00	1.00	0
17	8:30:00	7688.50	6.83	22.52	21.00	0.00	1.00	0
17	8:45:00	7688.75	7.03	22.45	21.03	0.00	1.00	0
17	9:00:00	7689.00	7.23	22.5	21.05	0.00	1.00	0
17	9:15:00	7689.25	7.43	22.5	21.06	0.00	1.00	0
17	9:30:00	7689.50	7.63	22.51	21.09	0.00	1.00	0
17	9:45:00	7689.75	8.24	22.52	21.17	0.00	1.00	0
17	10:00:00	7690.00	8.91	22.53	21.30	0.00	1.00	0
17	10:15:00	7690.25	9.57	22.5	21.43	0.00	1.00	0
17	10:30:00	7690.50	10.23	22.76	21.57	0.00	1.00	0
17	10:45:00	7690.75	11.03	23.06	21.72	0.00	1.00	0
17	11:00:00	7691.00	11.83	23.59	21.89	0.00	1.00	0
17	11:15:00	7691.25	12.64	23.98	22.09	0.00	1.00	0
17	11:30:00	7691.50	13.45	23.67	22.26	0.00	1.00	0
17	11:45:00	7691.75	14.18	23.52	22.41	0.00	1.00	0
17	12:00:00	7692.00	14.91	23.45	22.60	0.00	1.00	0
17	12:15:00	7692.25	15.64	23.55	22.85	0.00	1.00	0
17	12:30:00	7692.50	16.37	23.46	22.99	0.00	1.00	0
17	12:45:00	7692.75	16.92	23.51	21.54	0.00	0.00	0
17	13:00:00	7693.00	17.46	23.52	21.52	0.00	0.00	0
17	13:15:00	7693.25	18.00	23.57	21.77	0.00	0.00	0
17	13:30:00	7693.50	18.54	23.51	21.92	0.00	0.00	0
17	13:45:00	7693.75	18.78	23.49	22.05	0.00	0.00	0
17	14:00:00	7694.00	18.98	23.5	22.13	0.00	0.00	0
17	14:15:00	7694.25	19.19	23.49	22.24	0.00	0.00	0
17	14:30:00	7694.50	19.40	23.48	22.31	0.00	0.00	0
17	14:45:00	7694.75	19.32	23.49	22.34	0.00	0.00	0
17	15:00:00	7695.00	19.21	23.52	22.34	0.00	0.00	0
17	15:15:00	7695.25	19.10	23.49	22.39	0.00	0.00	0
17	15:30:00	7695.50	18.99	23.47	22.37	0.00	0.00	0
17	15:45:00	7695.75	18.98	23.47	22.34	0.00	0.00	0

17	16:00:00	7696.00	18.98	23.49	22.35	0.00	0.00	0
17	16:15:00	7696.25	18.97	23.47	22.39	0.00	0.00	0
17	16:30:00	7696.50	18.97	23.49	22.40	0.00	0.00	0
17	16:45:00	7696.75	18.64	23.49	22.38	0.00	0.00	0
17	17:00:00	7697.00	18.27	23.49	22.29	0.00	0.00	0
17	17:15:00	7697.25	17.90	23.01	22.21	0.00	0.00	0
17	17:30:00	7697.50	17.54	23.52	22.10	0.00	0.00	0
17	17:45:00	7697.75	17.16	23.51	22.00	0.00	0.00	0
17	18:00:00	7698.00	16.79	23.49	21.89	0.00	0.00	0
17	18:15:00	7698.25	16.41	23.48	21.75	0.00	0.00	0
17	18:30:00	7698.50	16.04	23.5	21.65	0.00	0.00	0
17	18:45:00	7698.75	15.61	23.5	21.55	0.00	0.00	0
17	19:00:00	7699.00	15.17	23.47	21.42	0.00	0.00	0
17	19:15:00	7699.25	14.73	23.46	21.21	0.00	0.00	0
17	19:30:00	7699.50	14.29	23.43	21.09	0.00	0.00	0
17	19:45:00	7699.75	14.11	23.42	21.00	0.00	0.00	0
17	20:00:00	7700.00	13.95	23.38	22.71	0.00	1.00	0
17	20:15:00	7700.25	13.79	23.42	22.69	0.00	1.00	0
17	20:30:00	7700.50	13.64	23.4	22.66	0.00	1.00	0
17	20:45:00	7700.75	13.55	23.38	22.64	0.00	1.00	0
17	21:00:00	7701.00	13.46	23.33	22.64	0.00	1.00	0
17	21:15:00	7701.25	13.38	23.31	22.68	0.00	1.00	0
17	21:30:00	7701.50	13.30	23.32	22.67	0.00	1.00	0
17	21:45:00	7701.75	13.07	23.21	22.65	0.00	1.00	0
17	22:00:00	7702.00	12.83	23.09	22.61	0.00	1.00	0
17	22:15:00	7702.25	12.59	22.98	22.60	0.00	1.00	0
17	22:30:00	7702.50	12.35	23	22.57	0.00	1.00	0
17	22:45:00	7702.75	12.05	22.91	22.51	0.00	1.00	0
17	23:00:00	7703.00	11.74	22.87	22.44	0.00	1.00	0
17	23:15:00	7703.25	11.43	22.84	22.37	0.00	1.00	0
17	23:30:00	7703.50	11.12	22.8	22.31	0.00	1.00	0
17	23:45:00	7703.75	10.94	22.77	22.25	0.00	1.00	0
18	0:00:00	7704.00	10.77	22.7	22.23	0.00	1.00	0
18	0:15:00	7704.25	10.60	22.64	22.18	0.00	1.00	0
18	0:30:00	7704.50	10.44	22.62	22.14	0.00	1.00	0
18	0:45:00	7704.75	10.26	22.6	22.11	0.00	1.00	0
18	1:00:00	7705.00	10.08	22.64	22.06	0.00	1.00	0
18	1:15:00	7705.25	9.91	22.58	22.01	0.00	1.00	0
18	1:30:00	7705.50	9.73	22.57	21.96	0.00	1.00	0
18	1:45:00	7705.75	9.62	22.54	21.92	0.00	1.00	0
18	2:00:00	7706.00	9.52	22.48	21.89	0.00	1.00	0
18	2:15:00	7706.25	9.42	22.46	21.84	0.00	1.00	0
18	2:30:00	7706.50	9.32	22.42	21.80	0.00	1.00	0

18	2:45:00	7706.75	9.16	22.37	21.78	0.00	1.00	0
18	3:00:00	7707.00	9.00	22.28	21.74	0.00	1.00	0
18	3:15:00	7707.25	8.83	22.3	21.68	0.00	1.00	0
18	3:30:00	7707.50	8.67	22.27	21.64	0.00	1.00	0
18	3:45:00	7707.75	8.54	22.28	21.60	0.00	1.00	0
18	4:00:00	7708.00	8.42	22.23	21.56	0.00	1.00	0
18	4:15:00	7708.25	8.29	22.18	21.50	0.00	1.00	0
18	4:30:00	7708.50	8.17	22.56	21.47	0.00	1.00	0
18	4:45:00	7708.75	8.10	22.49	21.44	0.00	1.00	0
18	5:00:00	7709.00	8.03	22.51	21.41	0.00	1.00	0
18	5:15:00	7709.25	7.96	22.53	21.36	0.00	1.00	0
18	5:30:00	7709.50	7.89	22.54	21.33	0.00	1.00	0
18	5:45:00	7709.75	7.81	22.52	21.32	0.00	1.00	0
18	6:00:00	7710.00	7.72	22.52	21.29	0.00	1.00	0
18	6:15:00	7710.25	7.64	22.48	21.24	0.00	1.00	0
18	6:30:00	7710.50	7.56	22.5	21.21	0.00	1.00	0
18	6:45:00	7710.75	7.54	22.47	21.19	0.00	1.00	0
18	7:00:00	7711.00	7.54	22.49	21.18	0.00	1.00	0
18	7:15:00	7711.25	7.53	22.5	21.14	0.00	1.00	0
18	7:30:00	7711.50	7.53	22.55	21.13	0.00	1.00	0
18	7:45:00	7711.75	7.58	22.49	21.13	0.00	1.00	0
18	8:00:00	7712.00	7.63	22.49	21.12	0.00	1.00	0
18	8:15:00	7712.25	7.69	22.5	21.10	0.00	1.00	0
18	8:30:00	7712.50	7.74	22.51	21.11	0.00	1.00	0
18	8:45:00	7712.75	7.94	22.5	21.12	0.00	1.00	0
18	9:00:00	7713.00	8.16	22.51	21.14	0.00	1.00	0
18	9:15:00	7713.25	8.38	22.54	21.16	0.00	1.00	0
18	9:30:00	7713.50	8.60	22.55	21.20	0.00	1.00	0
18	9:45:00	7713.75	9.27	22.54	21.29	0.00	1.00	0
18	10:00:00	7714.00	9.99	22.49	21.44	0.00	1.00	0
18	10:15:00	7714.25	10.72	22.54	21.58	0.00	1.00	0
18	10:30:00	7714.50	11.44	22.63	21.72	0.00	1.00	0
18	10:45:00	7714.75	12.09	22.72	21.86	0.00	1.00	0
18	11:00:00	7715.00	12.74	22.83	22.00	0.00	1.00	0
18	11:15:00	7715.25	13.38	22.9	22.17	0.00	1.00	0
18	11:30:00	7715.50	14.03	23	22.30	0.00	1.00	0
18	11:45:00	7715.75	14.56	23.11	22.42	0.00	1.00	0
18	12:00:00	7716.00	15.07	23.18	22.55	0.00	1.00	0
18	12:15:00	7716.25	15.59	23.25	22.76	0.00	1.00	0
18	12:30:00	7716.50	16.11	23.3	22.86	0.00	1.00	0
18	12:45:00	7716.75	16.71	23.42	22.97	0.00	1.00	0
18	13:00:00	7717.00	17.33	23.46	21.68	0.00	0.00	0
18	13:15:00	7717.25	17.94	23.55	21.70	0.00	0.00	0

18	13:30:00	7717.50	18.56	23.65	21.85	0.00	0.00	0
18	13:45:00	7717.75	18.71	23.71	21.98	0.00	0.00	0
18	14:00:00	7718.00	18.81	23.81	22.03	0.00	0.00	0
18	14:15:00	7718.25	18.90	23.39	22.09	0.00	0.00	0
18	14:30:00	7718.50	19.00	23.46	22.12	0.00	0.00	0
18	14:45:00	7718.75	18.90	23.45	22.14	0.00	0.00	0
18	15:00:00	7719.00	18.78	23.49	22.12	0.00	0.00	0
18	15:15:00	7719.25	18.66	23.48	22.14	0.00	0.00	0
18	15:30:00	7719.50	18.54	23.5	22.13	0.00	0.00	0
18	15:45:00	7719.75	18.39	23.46	22.09	0.00	0.00	0
18	16:00:00	7720.00	18.24	23.46	22.05	0.00	0.00	0
18	16:15:00	7720.25	18.09	23.53	22.03	0.00	0.00	0
18	16:30:00	7720.50	17.94	23.48	21.99	0.00	0.00	0
18	16:45:00	7720.75	17.68	23.52	21.93	0.00	0.00	0
18	17:00:00	7721.00	17.42	23.47	21.86	0.00	0.00	0
18	17:15:00	7721.25	17.15	23.49	21.78	0.00	0.00	0
18	17:30:00	7721.50	16.89	23.48	21.70	0.00	0.00	0
18	17:45:00	7721.75	16.68	23.51	21.64	0.00	0.00	0
18	18:00:00	7722.00	16.48	23.48	21.58	0.00	0.00	0
18	18:15:00	7722.25	16.27	23.51	21.45	0.00	0.00	0
18	18:30:00	7722.50	16.07	23.51	21.40	0.00	0.00	0
18	18:45:00	7722.75	15.74	23.48	21.35	0.00	0.00	0
18	19:00:00	7723.00	15.40	23.48	21.23	0.00	0.00	0
18	19:15:00	7723.25	15.06	23.56	21.05	0.00	0.00	0
18	19:30:00	7723.50	14.71	23.46	22.46	0.00	1.00	0
18	19:45:00	7723.75	14.39	23.52	22.74	0.00	1.00	0
18	20:00:00	7724.00	14.06	23.46	22.70	0.00	1.00	0
18	20:15:00	7724.25	13.73	23.46	22.63	0.00	1.00	0
18	20:30:00	7724.50	13.40	23.44	22.57	0.00	1.00	0
18	20:45:00	7724.75	13.22	23.39	22.52	0.00	1.00	0
18	21:00:00	7725.00	13.05	23.38	22.50	0.00	1.00	0
18	21:15:00	7725.25	12.88	23.36	22.51	0.00	1.00	0
18	21:30:00	7725.50	12.72	23.34	22.49	0.00	1.00	0
18	21:45:00	7725.75	12.58	23.31	22.46	0.00	1.00	0
18	22:00:00	7726.00	12.45	23.28	22.44	0.00	1.00	0
18	22:15:00	7726.25	12.32	23.23	22.42	0.00	1.00	0
18	22:30:00	7726.50	12.19	23.21	22.40	0.00	1.00	0
18	22:45:00	7726.75	12.06	23.14	22.37	0.00	1.00	0
18	23:00:00	7727.00	11.93	23.05	22.35	0.00	1.00	0
18	23:15:00	7727.25	11.80	23	22.32	0.00	1.00	0
18	23:30:00	7727.50	11.66	22.93	22.29	0.00	1.00	0
18	23:45:00	7727.75	11.47	22.92	22.26	0.00	1.00	0
19	0:00:00	7728.00	11.27	22.86	22.22	0.00	1.00	0

19	0:15:00	7728.25	11.08	22.85	22.19	0.00	1.00	0
19	0:30:00	7728.50	10.88	22.79	22.15	0.00	1.00	0
19	0:45:00	7728.75	10.70	22.8	22.11	0.00	1.00	0
19	1:00:00	7729.00	10.52	22.77	22.07	0.00	1.00	0
19	1:15:00	7729.25	10.34	22.72	22.01	0.00	1.00	0
19	1:30:00	7729.50	10.16	22.69	21.97	0.00	1.00	0
19	1:45:00	7729.75	10.01	22.64	21.93	0.00	1.00	0
19	2:00:00	7730.00	9.86	22.64	21.89	0.00	1.00	0
19	2:15:00	7730.25	9.72	22.61	21.84	0.00	1.00	0
19	2:30:00	7730.50	9.57	22.55	21.80	0.00	1.00	0
19	2:45:00	7730.75	9.35	22.48	21.77	0.00	1.00	0
19	3:00:00	7731.00	9.11	22.44	21.72	0.00	1.00	0
19	3:15:00	7731.25	8.88	22.39	21.62	0.00	1.00	0
19	3:30:00	7731.50	8.64	22.37	21.58	0.00	1.00	0
19	3:45:00	7731.75	8.54	22.35	21.54	0.00	1.00	0
19	4:00:00	7732.00	8.45	22.3	21.50	0.00	1.00	0
19	4:15:00	7732.25	8.37	22.24	21.44	0.00	1.00	0
19	4:30:00	7732.50	8.28	22.26	21.41	0.00	1.00	0
19	4:45:00	7732.75	8.23	22.26	21.39	0.00	1.00	0
19	5:00:00	7733.00	8.18	22.27	21.37	0.00	1.00	0
19	5:15:00	7733.25	8.13	22.65	21.32	0.00	1.00	0
19	5:30:00	7733.50	8.08	22.5	21.30	0.00	1.00	0
19	5:45:00	7733.75	8.13	22.54	21.29	0.00	1.00	0
19	6:00:00	7734.00	8.18	22.52	21.28	0.00	1.00	0
19	6:15:00	7734.25	8.23	22.51	21.26	0.00	1.00	0
19	6:30:00	7734.50	8.28	22.5	21.26	0.00	1.00	0
19	6:45:00	7734.75	8.23	22.54	21.26	0.00	1.00	0
19	7:00:00	7735.00	8.17	22.5	21.25	0.00	1.00	0
19	7:15:00	7735.25	8.11	22.55	21.22	0.00	1.00	0
19	7:30:00	7735.50	8.05	22.52	21.20	0.00	1.00	0
19	7:45:00	7735.75	8.17	22.52	21.19	0.00	1.00	0
19	8:00:00	7736.00	8.31	22.5	21.20	0.00	1.00	3388
19	8:15:00	7736.25	8.45	22.47	22.67	0.00	1.00	3388
19	8:30:00	7736.50	8.60	22.48	22.77	0.00	1.00	3388
19	8:45:00	7736.75	8.89	22.5	22.81	0.00	1.00	3388
19	9:00:00	7737.00	9.21	22.52	22.61	0.00	0.00	3388
19	9:15:00	7737.25	9.52	22.53	21.89	0.00	0.00	3388
19	9:30:00	7737.50	9.84	22.51	21.89	0.00	0.00	3388
19	9:45:00	7737.75	10.19	22.47	21.95	0.00	0.00	3388
19	10:00:00	7738.00	10.54	22.5	22.14	0.00	0.00	3388
19	10:15:00	7738.25	10.90	22.56	22.50	0.00	0.00	3388
19	10:30:00	7738.50	11.25	22.56	22.60	0.00	0.00	3388
19	10:45:00	7738.75	11.86	22.62	22.71	0.00	0.00	3388

19	11:00:00	7739.00	12.49	22.66	22.95	0.00	0.00	3388
19	11:15:00	7739.25	13.12	22.69	23.36	0.00	0.00	3388
19	11:30:00	7739.50	13.76	22.78	23.53	0.00	0.00	3388
19	11:45:00	7739.75	14.22	22.82	23.67	0.00	0.00	3388
19	12:00:00	7740.00	14.66	22.97	23.89	0.00	0.00	3388
19	12:15:00	7740.25	15.10	23.05	22.70	1.00	0.00	3388
19	12:30:00	7740.50	15.54	23.18	22.72	1.00	0.00	3388
19	12:45:00	7740.75	15.89	23.25	22.74	1.00	0.00	3388
19	13:00:00	7741.00	16.23	23.34	22.79	1.00	0.00	3388
19	13:15:00	7741.25	16.57	23.45	22.88	1.00	0.00	3388
19	13:30:00	7741.50	16.91	23.54	22.90	1.00	0.00	3388
19	13:45:00	7741.75	17.21	23.64	22.92	1.00	0.00	3388
19	14:00:00	7742.00	17.50	23.65	22.97	1.00	0.00	3388
19	14:15:00	7742.25	17.80	23.73	23.05	1.00	0.00	3388
19	14:30:00	7742.50	18.09	23.78	23.06	1.00	0.00	3388
19	14:45:00	7742.75	18.19	23.39	23.08	1.00	0.00	3388
19	15:00:00	7743.00	18.26	23.48	23.11	1.00	0.00	3388
19	15:15:00	7743.25	18.33	23.52	23.18	1.00	0.00	3388
19	15:30:00	7743.50	18.40	23.49	23.18	1.00	0.00	3388
19	15:45:00	7743.75	18.24	23.5	23.18	1.00	0.00	3388
19	16:00:00	7744.00	18.05	23.52	23.19	1.00	0.00	3388
19	16:15:00	7744.25	17.87	23.48	23.22	1.00	0.00	3388
19	16:30:00	7744.50	17.68	23.51	23.20	1.00	0.00	3388
19	16:45:00	7744.75	17.29	23.46	23.19	1.00	0.00	3388
19	17:00:00	7745.00	16.88	23.51	23.17	1.00	0.00	3388
19	17:15:00	7745.25	16.47	23.49	23.17	1.00	0.00	3388
19	17:30:00	7745.50	16.06	23.45	23.14	1.00	0.00	3388
19	17:45:00	7745.75	15.80	23.48	23.11	1.00	0.00	3388
19	18:00:00	7746.00	15.55	23.46	23.10	1.00	0.00	3388
19	18:15:00	7746.25	15.30	23.45	22.06	1.00	0.00	0
19	18:30:00	7746.50	15.05	23.42	22.04	1.00	0.00	0
19	18:45:00	7746.75	14.71	23.38	22.02	1.00	0.00	0
19	19:00:00	7747.00	14.36	23.38	22.04	0.00	0.00	0
19	19:15:00	7747.25	14.01	23.4	22.19	0.00	0.00	0
19	19:30:00	7747.50	13.66	23.55	22.14	0.00	0.00	0
19	19:45:00	7747.75	13.42	23.5	22.07	0.00	0.00	0
19	20:00:00	7748.00	13.19	23.43	21.91	0.00	0.00	0
19	20:15:00	7748.25	12.96	23.34	21.53	0.00	0.00	0
19	20:30:00	7748.50	12.72	23.29	21.45	0.00	0.00	0
19	20:45:00	7748.75	12.54	23.23	21.40	0.00	0.00	0
19	21:00:00	7749.00	12.37	23.17	21.27	0.00	0.00	0
19	21:15:00	7749.25	12.19	23.11	22.16	0.00	1.00	0
19	21:30:00	7749.50	12.02	23.05	22.75	0.00	1.00	0

19	21:45:00	7749.75	11.79	23.05	22.76	0.00	1.00	0
19	22:00:00	7750.00	11.56	22.98	22.70	0.00	1.00	0
19	22:15:00	7750.25	11.33	22.95	22.61	0.00	1.00	0
19	22:30:00	7750.50	11.09	22.91	22.58	0.00	1.00	0
19	22:45:00	7750.75	10.95	22.87	22.53	0.00	1.00	0
19	23:00:00	7751.00	10.82	22.78	22.50	0.00	1.00	0
19	23:15:00	7751.25	10.69	22.73	22.46	0.00	1.00	0
19	23:30:00	7751.50	10.55	22.72	22.43	0.00	1.00	0
19	23:45:00	7751.75	10.34	22.64	22.39	0.00	1.00	0
20	0:00:00	7752.00	10.13	22.64	22.35	0.00	1.00	0
20	0:15:00	7752.25	9.91	22.61	22.29	0.00	1.00	0
20	0:30:00	7752.50	9.69	22.57	22.24	0.00	1.00	0
20	0:45:00	7752.75	9.51	22.49	22.19	0.00	1.00	0
20	1:00:00	7753.00	9.34	22.4	22.14	0.00	1.00	0
20	1:15:00	7753.25	9.17	22.43	22.07	0.00	1.00	0
20	1:30:00	7753.50	9.00	22.32	22.03	0.00	1.00	0
20	1:45:00	7753.75	8.79	22.32	21.99	0.00	1.00	0
20	2:00:00	7754.00	8.58	22.23	21.94	0.00	1.00	0
20	2:15:00	7754.25	8.36	22.23	21.83	0.00	1.00	0
20	2:30:00	7754.50	8.15	22.17	21.80	0.00	1.00	0
20	2:45:00	7754.75	8.02	22.07	21.76	0.00	1.00	0
20	3:00:00	7755.00	7.89	22.55	21.71	0.00	1.00	0
20	3:15:00	7755.25	7.76	22.52	21.62	0.00	1.00	0
20	3:30:00	7755.50	7.64	22.53	21.60	0.00	1.00	0
20	3:45:00	7755.75	7.54	22.5	21.57	0.00	1.00	0
20	4:00:00	7756.00	7.46	22.51	21.54	0.00	1.00	0
20	4:15:00	7756.25	7.37	22.48	21.46	0.00	1.00	0
20	4:30:00	7756.50	7.28	22.52	21.44	0.00	1.00	0
20	4:45:00	7756.75	7.16	22.5	21.42	0.00	1.00	0
20	5:00:00	7757.00	7.02	22.44	21.38	0.00	1.00	0
20	5:15:00	7757.25	6.89	22.54	21.29	0.00	1.00	0
20	5:30:00	7757.50	6.76	22.48	21.26	0.00	1.00	0
20	5:45:00	7757.75	6.75	22.57	21.24	0.00	1.00	0
20	6:00:00	7758.00	6.76	22.52	21.22	0.00	1.00	0